



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 07 327 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 P 9/04
G 01 C 19/56
H 03 H 9/24

⑳ Aktenzeichen: 101 07 327.5
㉔ Anmeldetag: 16. 2. 2001
㉕ Offenlegungstag: 23. 8. 2001

DE 101 07 327 A 1

③① Unionspriorität:

00-46793 18. 02. 2000 JP
00-327504 26. 10. 2000 JP

㉗ Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

㉘ Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

㉚ Erfinder:

Iwaki, Takao, Kariya, Aichi, JP; Kano, Kazuhiko,
Kariya, Aichi, JP; Isogai, Toshiki, Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Zur Verhinderung einer unnötigen Oszillation geeigneter Winkelgeschwindigkeitssensor

⑤⑦ Ein Winkelgeschwindigkeitssensor besitzt einen Gewichtsabschnitt, welcher in einer Ansteuerungsrichtung angesteuert oszillieren kann und in einer Erfassungsrichtung oszillieren kann, wenn eine Winkelgeschwindigkeit aufgebracht wird, und Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation, welche eine dem Gewichtsabschnitt in der Erfassungsrichtung aufzubringende elektrostatische Kraft erzeugen können. Die elektrostatische Kraft verhindert, dass der Gewichtsabschnitt in einer Richtung außer der Ansteuerungsrichtung angesteuert oszilliert. Als Ergebnis kann eine unnötige Oszillation des Gewichtsabschnitts sogar dann verhindert werden, wenn bei dem Winkelgeschwindigkeitssensor ein Bearbeitungsfehler aufgetreten ist.

DE 101 07 327 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Winkelgeschwindigkeitssensor mit einem Gewichtsabschnitt, welcher über einen Balken- bzw. Auslegerabschnitt (beam portion) mit einem Basisabschnitt verbunden ist, um eine Winkelgeschwindigkeit auf der Grundlage der Oszillation des Gewichtsabschnitts zu erfassen. Der Sensor ist für eine Winkelgeschwindigkeitssensoreinheit wie ein Fahrzeugsteuersystem, ein System zum Erfassen des Umklippens eines Fahrzeugs, ein Navigationssystem und ein System zum Verhindern des Verwackelns von optischen Geräten verwendbar, welche das Abtasten der Winkelgeschwindigkeit erfordern.

Winkelgeschwindigkeitssensoren eines Oszillationstyps, welche durch Bearbeitung eines Halbleitersubstrats (eines SOI-Substrats und dergleichen) unter Verwendung einer Mikro-Materialbearbeitungstechnologie zum Zwecke der Miniaturisierung und der Kostenverringerung gebildet werden, wurden unlängst vorgestellt. Beispielsweise werden in den Veröffentlichungsschriften der japanischen Patenmeldungen Hei. 9-119942, Hei. 6-123632, Hei. 8-220125, Hei. 11-248733 und anderen derartige Winkelgeschwindigkeitssensoren vorgestellt.

Diese Winkelgeschwindigkeitssensoren besitzen einen Gewichtsabschnitt (Oszillator), welcher erregt wird und in einer ersten Richtung (Ansteuerungsrichtung, Richtung der x-Achse) oszilliert. Wenn der Gewichtsabschnitt um eine Winkelgeschwindigkeitsachse (z-Achse) gedreht wird, wird eine Corioliskraft an dem Gewichtsabschnitt in einer zweiten Richtung (Erfassungsrichtung, Richtung der y-Achse) gebildet, welche in einem rechten Winkel die erste Richtung schneidet. Diese Corioliskraft wird einem Erfassungselement mit beweglichen und stationären Elektroden durch einen Balkenabschnitt übertragen, d. h. durch eine Oszillationsfeder. In dem Erfassungselement ändert sich eine Kapazität zwischen der beweglichen Elektrode und der stationären Elektrode infolge der Verschiebung der beweglichen Elektrode, wodurch ein Ausgangswert der Winkelgeschwindigkeit erfasst wird.

Unter der Annahme, dass der Sensor in Übereinstimmung mit seinem Entwurf hergestellt werden könnte, ohne dass ein Bearbeitungsfehler in der Balken- bzw. Auslegerstruktur auftritt, welche den Winkelgeschwindigkeitssensor bildet, würde der Sensor genau wie oben beschrieben arbeiten. Wenn jedoch der Balkenabschnitt wie die Oszillationsfeder die Ansteuerungselektrode und andere Elemente Verarbeitungsfehler aufweisen (wenn beispielsweise die Dicke des Balkenabschnitts fehlerhaft ausgebildet wäre), könnte die Oszillation in Richtung der y-Achse, d. h. in der Erfassungsrichtung, beispielsweise sogar dann streuen, wenn der Gewichtsabschnitt lediglich in Richtung der x-Achse während der Ansteuerungsozillation davon oszillieren sollte. In einem derartigen Fall ändert sich die Kapazität des Erfassungsabschnitts sogar dann, wenn die Winkelgeschwindigkeit gleich null ist, wodurch ein Fehler in dem Ausgangswert der Winkelgeschwindigkeit hervorgerufen wird.

Dementsprechend wurde gefordert die Sensoren nach dem Stand der Technik so genau wie möglich zu verarbeiten, um die Streuung der Ansteuerungsozillation des Gewichtsabschnitts in der Erfassungsrichtung zu verhindern (hiernach als unnötige Oszillation bezeichnet), und die Verarbeitungsgenauigkeit bestimmte das Leistungsvermögen des Sensors. Jedoch ist ein Verarbeitungsfehler bei dem Winkelgeschwindigkeitssensor, welcher durch Bearbeitung des Halbleitersubstrats gebildet wird, unvermeidlich, und es liegt eine Grenze bei der Verringerung der unnötigen Oszillation vor.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die oben beschriebenen Schwierigkeiten zu überwinden. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen Winkelgeschwindigkeitssensor eines Oszillationstyps mit einem Gewichtsabschnitt bereitzustellen, bei welchem ein Fehler eines Ausgabewerts der Winkelgeschwindigkeit verringert wird. Die Verringerung erfolgt durch Eliminieren der Streuung (unnötige Oszillation) der Oszillation des Gewichtsabschnitts in Erfassungsrichtung hervorgerufen durch einen Bearbeitungsfehler.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der nebengeordneten unabhängigen Ansprüche.

Kurz dargestellt, entsprechend der vorliegenden Erfindung besitzt ein Winkelgeschwindigkeitssensor einen Gewichtsabschnitt, welcher durch Ansteuerung in einer ersten Richtung oszillieren kann und welcher in einer zweiten Richtung oszillieren kann, wenn eine Winkelgeschwindigkeit um eine Winkelgeschwindigkeitsachse vertikal zu den ersten und zweiten Richtungen in einem Zustand aufgebracht wird, bei welchem der Gewichtsabschnitt durch Ansteuerung oszilliert. Der Winkelgeschwindigkeitssensor besitzt des weiteren eine Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation, welche eine externe Kraft auf den Gewichtsabschnitt in der zweiten Richtung aufbringt, um zu verhindern, dass der Gewichtsabschnitt in einer Richtung außer der ersten Richtung angesteuert oszilliert (drive-oscillated).

Somit bringt bei dem Winkelgeschwindigkeitssensor der Erfindung die Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation die externe Kraft dem Gewichtsabschnitt in der zweiten Richtung auf und hebt eine Oszillationskomponente in der zweiten Richtung auf, welche die unnötige Oszillation bei der Ansteuerungsozillation hervorruft. Als Ergebnis kann der Gewichtsabschnitt lediglich in der ersten Richtung sogar dann durch angesteuert oszillieren, wenn ein Balkenabschnitt einen Bearbeitungsfehler aufweist. Es tritt keine Streuung der Oszillation des Gewichtsabschnitts in der zweiten Richtung (Erfassungsrichtung) auf, und es kann ein Ausgabefehler des Sensors verringert werden.

Die vorliegende Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor der ersten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht entlang Linie II-II von Fig. 1;

Fig. 3A und 3B zeigen beispielhafte Ansichten, welche einen Zustand, bei welchem eine unnötige Oszillation auftritt, und einen Zustand darstellen, bei welchem die unnötige Oszillation unterdrückt wird;

Fig. 4A und 4B zeigen Graphen, welche einen Fall erläutern, bei welchen eine Wechselspannung an Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation bei der ersten Ausführungsform angelegt wird;

Fig. 5A bis 5D zeigen Graphen, welche Wirkungen der Unterdrückung einer unnötigen Oszillation bezüglich eines Winkelgeschwindigkeitsausgangs bei der ersten Ausführungsform erläutern;

Fig. 6 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor eines anderen Beispiels der ersten Ausführungsform darstellt;

Fig. 7 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor einer zweiten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 8 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor eines anderen Beispiels der zweiten Ausführungsform darstellt;

Fig. 9 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelge-

schwindigkeitssensor einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

Fig. 10 zeigt eine Draufsicht, welche einen anderen Winkelgeschwindigkeitssensor einer vierten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 11 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor eines anderen Beispiels der vierten Ausführungsform darstellt;

Fig. 12 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor einer fünften Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 13 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor einer sechsten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 14 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor einer siebenten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 15 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor einer achten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung darstellt; und

Fig. 16 zeigt eine Draufsicht, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor einer neunten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung darstellt.

Erste Ausführungsform

Ein Winkelgeschwindigkeitssensor 100 einer ersten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 erläutert. Es wird darauf hingewiesen, dass dieselben oder entsprechende Teile bei jeder unten beschriebenen Ausführungsform durch dieselben Bezugszeichen in den folgenden Figuren bezeichnet werden. Der Winkelgeschwindigkeitssensor 100 ist ein Chip, welcher durch Mikro-Materialbearbeitung unter Verwendung der bekannten Halbleiterherstellungstechnologie hergestellt wird.

Der Winkelgeschwindigkeitssensor 100 setzt sich zusammen aus einem Substrat (SOI-Substrat oder dergleichen, in welchem ein erstes Substrat (Siliziumsubstrat oder dergleichen) 101 und ein zweites Halbleitersubstrat (Siliziumsubstrat oder dergleichen) 102 über eine Isolierschicht (Siliziumoxidfilm oder dergleichen) 103 gebondet sind. Eine Öffnung 104 und ein Sockelabschnitt 105 sind durch Entfernen des zweiten Halbleitersubstrats 102 und der Isolierschicht 103 mittels eines anisotropen Ätzens oder dergleichen gebildet, und das erste Halbleitersubstrat 101 ist in Form eines Diaphragmas in Übereinstimmung mit der Öffnung 104 gebildet.

Gräben 1 sind in dem ersten Halbleitersubstrat 101 gebildet und definieren einen beweglichen Abschnitt, einen stationären Abschnitt und jeweilige Elektroden davon, welche voneinander elektrisch isoliert sind. Der Winkelgeschwindigkeitssensor 100 besitzt einen rechteckigen Gewichtsabschnitt 3, welcher der durch die Gräben 1 abgeteilte bewegliche Abschnitt ist, innerhalb eines Basisabschnitts 2, welcher der stationäre Abschnitt ist. Der Gewichtsabschnitt 3 ist mit dem Basisabschnitt 2 durch vier Balken- bzw. Auslegerabschnitte (beam portions) 4 verbunden, welche jeweils an den vier Ecken davon vorgesehen sind.

Jeder der vier Balkenabschnitte 4 ist in Form eines Buchstabens "L" derart gebildet, dass er in einem rechten Winkel gebogen ist und einen Freiheitsgrad sowohl in der Ansteuerungsrichtung x (Richtung der x-Achse, erste Richtung) und in der Erfassungsrichtung y (Richtung der y-Achse, zweite Richtung) besitzt. Dementsprechend tragen die Balkenabschnitte 4 den Gewichtsabschnitt 3 derart, dass der Gewichtsabschnitt 3 in der Ansteuerungsrichtung x und in der Erfassungsrichtung y verschoben werden kann, welche sich zueinander innerhalb einer horizontalen Ebene vertikal zu

der Winkelgeschwindigkeitsachse z in einem rechten Winkel kreuzen. Der Gewichtsabschnitt 3 kann in beiden Richtungen x, y oszillieren.

Kammzahnelektroden (comb-teeth electrodes) 5, 6, 7, 8, 7a, 8a, 9, 10, 9a und 10a, welche wie ein Kamm von jeder Seite herausragen, sind an den rechten und linken Seiten des Gewichtsabschnitts 3 und an den jeweiligen Seiten des Basisabschnitts 2 über die Gräben 1 gegenüberliegend gebildet. Ansteuerungselektroden (Mittel für eine Ansteuerungsoszillation des Gewichtsabschnitts 3) 5, 6 für eine Ansteuerungsoszillation (Ansteuerung zur Oszillation) des Gewichtsabschnitts 3 in der Ansteuerungsrichtung x sind an der Mitte des Gewichtsabschnitts 3 gebildet.

Bei den Ansteuerungselektroden 5, 6 sind die bewegliche Ansteuerungselektrode 5 an der Seite des Gewichtsabschnitts 3 und die stationäre Ansteuerungselektrode 6 an der Seite des Basisabschnitts 2 derart angeordnet, dass ihre jeweiligen Kammzähne in gleichen Intervallen zueinander angeordnet sind. Wenn eine vorbestimmte Wechselspannung an beide Ansteuerungselektroden 5, 6 angelegt wird, um eine elektrostatische Kraft zu erzeugen, kann der Gewichtsabschnitt 3 in der Ansteuerungsrichtung x durch die Elastizität des Balkenabschnitts 4 angesteuert oszillieren (Ansteuerung zur Oszillation).

Elektroden 7, 8, 7a und 8a zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation, welche nicht nur als Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation sondern ebenfalls als Einrichtung zur Erzeugung einer elektrostatischen Kraft dienen, welche eine elektrostatische Kraft als externe Kraft erzeugt, die dem Gewichtsabschnitt 3 aufgebracht wird, sind an beiden Seiten der Ansteuerungselektroden 5, 6 (sowohl an den oberen als auch unteren Seiten in Fig. 1) an den rechten und linken Seiten des Gewichtsabschnitts 3 gebildet.

Die Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation enthalten bewegliche Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation (Kammzahnelektroden der Gewichtsabschnittsseite) 7, 7a, welche an der Seite des Gewichtsabschnitts 3 vorgesehen sind, und stationäre Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation (Kammzahnelektroden der Basisabschnittsseite) 8, 8a, welche an der Seite des Basisabschnitts 2 vorgesehen sind. Die beweglichen Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 7a und die stationären Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 8, 8a ziehen einander (näher sich) infolge einer elektrostatischen Kraft an, welche durch eine vorbestimmte Gleich- oder Wechselspannung erzeugt wird, die an die beweglichen Elektroden 7, 7a und an die stationären Elektroden 8, 8a angelegt wird.

Dementsprechend kann die unnötige Oszillation (Verschiebung) in der Erfassungsrichtung (Richtung der y-Achse) des Gewichtsabschnitts 3 bei der Ansteuerungsoszillation davon unterdrückt werden. Dabei sind die beweglichen Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 7a exzentrisch positioniert, so dass sie näher zu einem der benachbarten stationären Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 8, 8a als zur Mitte der Lücke der stationären Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 8, 8a befindlich sind, welche an beiden Seiten davon benachbart sind.

Wenn ein erstes Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8 und ein zweites Paar von Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a, welche an der linken Seite des Gewichtsabschnitts 3 in Fig. 1 lokalisiert sind, verglichen werden, sind die abweichenden Richtungen der beweglichen Elektroden 7, 7a in der Mitte der Lücke der stationären Elektroden 8, 8a benachbart dazu einander gegenüberliegend in dem ersten Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Os-

zillation 7, 8 und in dem zweiten Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a. Dies gilt ebenfalls für die rechte Seite des Gewichtsabschnitts 3. Somit liegen die Richtungen zur Unterdrückung einer Verschiebung bezüglich des Gewichtsabschnitts 3 in dem ersten Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8 und in dem zweiten Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a in der Erfassungsrichtung y einander gegenüber.

Beispielsweise wird in dem Fall des ersten Pairs der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8 und des zweiten Pairs der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a, welche auf der linken Seite des Gewichtsabschnitts 3 lokalisiert sind, die bewegliche Elektrode 7 entlang der Erfassungsrichtung y in dem ersten Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8 nach unten gezogen, wenn die elektrostatische Kraft gebildet wird. Demgegenüber wird die bewegliche Elektrode 7a entlang der Erfassungsrichtung y in dem zweiten Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a nach oben gezogen. Daher kann das erste Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8 und das Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a geeignet (selektiv) entsprechend der Ausrichtung in der Erfassungsrichtung y der unnötigen Oszillation des Gewichtsabschnitts 3 verwendet werden.

Winkelgeschwindigkeitserfassungselektroden (eine Winkelgeschwindigkeitserfassungseinrichtung) 9, 10, 9a und 10a sind an beiden Seiten (sowohl an den Ober- als auch Unterseiten in Fig. 1) der Ansteuerungselektroden 5, 6 und den Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a und an den linken und rechten Seiten des Gewichtsabschnitts 3 gebildet. Die Winkelgeschwindigkeitserfassungselektrode kann eine Winkelgeschwindigkeit durch Änderung einer elektrostatischen Kapazität erfassen, welche durch Verschiebung (Verschiebung des Gewichtsabschnitts 3 in der Erfassungsrichtung y) der gegenüberliegenden Lücke zwischen den beweglichen Winkelgeschwindigkeitserfassungselektroden 9, 9a an der Seite des Gewichtsabschnitts 3 und den stationären Winkelgeschwindigkeitserfassungselektroden 10, 10a an der Seite des Basisabschnitts 2 hervorgerufen wird.

Die jeweiligen oben beschriebenen Ansteuerungselektroden, Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation und Winkelgeschwindigkeitserfassungskammzahnalektroden sind zueinander elektrisch unabhängig und jeweils an die Elektrodenkontaktstellen 11 angeschlossen, welche auf dem Basisabschnitt 2 beispielsweise durch Aufdampfen von Aluminium gebildet sind. Jede Kontaktstelle 11 ist elektrisch an eine nicht dargestellte externe Schaltung durch Drahtbonden oder dergleichen angeschlossen und ist geeignet zum unabhängigen Steuern des Potentials jeder Kammzahnalektrode.

Als nächstes wird der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform auf der Grundlage der Struktur des oben beschriebenen Winkelgeschwindigkeitssensors 100 erläutert. Grundsätzlich erfasst der Winkelgeschwindigkeitssensor 100 eine Winkelgeschwindigkeit auf der Grundlage der Oszillation des Gewichtsabschnitts 3 in der Erfassungsrichtung y, welche auftritt, wenn die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z aufgebracht wird, während eine Ansteuerungssoszillation des Gewichtsabschnitts 3 in der Ansteuerungsrichtung x vorliegt.

Ein Rechteckwellen- oder Sinuswellenspannungssignal (Ansteuerungssignal) wird an die bewegliche Ansteuerungselektrode 5 durch die nicht dargestellte oben erwähnte externe Schaltung angelegt. Danach führt der Gewichtsab-

schnitt 3 eine Ansteuerungssoszillation entlang der Ansteuerungsrichtung x durch, welche durch den Freiheitsgrad der Balkenabschnitte 4 in der Ansteuerungsrichtung x ermöglicht wird. Da die Empfindlichkeit des Winkelgeschwindigkeitssensors nahezu proportional zu der Amplitude der Ansteuerungssoszillation ist, wird oft eine Resonanzansteuerung (Ansteuerungsverfahren, bei welchem die Frequenz oder Ansteuerungsspannung mit der Eigenoszillation eines Oszillationssystems in Übereinstimmung gebracht wird), welche die Ansteuerungsamplitude vergrößern kann, verwendet.

Wenn die Resonanzansteuerung durchgeführt wird, ist die Amplitude proportional zu einem Wert Q der Ansteuerungssoszillation. Der Wert Q in einem Gas wird hauptsächlich durch einen Viskositätskoeffizienten des Gases bestimmt, und je größer der Koeffizient der Viskosität ist, desto kleiner wird im allgemeinen der Wert Q. Je kleiner des weiteren der Druck des Gases ist, desto kleiner wird der Viskositätskoeffizient in dem Gas. Je kleiner der Druck des Gases ist, desto besser wird daher die Empfindlichkeit des Winkelgeschwindigkeitssensors in dem Fall der Resonanzansteuerung. Dementsprechend kann die Empfindlichkeit des Winkelgeschwindigkeitssensors durch Verwendung eines Vakuumgehäuses oder dergleichen verbessert werden.

Jedoch wird eine Nichtresonanzoszillation (non-resonance oscillation) absichtlich in der Umgebung der vorliegenden Erfindung durch Bevorzugung der Verringerung der Herstellungskosten gegenüber der Verbesserung der Sensorempfindlichkeit verwendet. Es versteht sich, dass die vorliegende Ausführungsform für die Resonanzansteuerung wirksam ist. Da die Ansteuerungsamplitude eine Temperaturabhängigkeit (hauptsächlich infolge der Temperaturabhängigkeit des Viskositätskoeffizienten des Gases) aufweist, wird oft eine Steuerung verwendet, welche als Auto Gain Control (AGC) bezeichnet wird. Die AGC wird hier kurz erläutert.

Beispielsweise werden in einem Fall des oben beschriebenen Winkelgeschwindigkeitssensors 100 die Ansteuerungselektroden 5, 6 an der rechten Seite neben den an den rechten und linken Seiten des Gewichtsabschnitts 3 vorgesehenen Ansteuerungselektroden 5, 6 als Oszillationsüberwachungselektroden zur Überwachung der physikalischen Größen (Ansteuerungsamplitude, Ansteuerungsgeschwindigkeit und andere) der Ansteuerungssoszillation in dem Gewichtsabschnitt 3 verwendet. In diesem Fall arbeitet die bewegliche Ansteuerungselektrode 5 auf der Seite des Gewichtsabschnitts 3 als bewegliche Oszillationsüberwachungselektrode, und die stationäre Ansteuerungselektrode 6 auf der Seite des Basisabschnitts 2 arbeitet als stationäre Oszillationsüberwachungselektrode. Dementsprechend erzeugen lediglich die Ansteuerungselektroden 5, 6 auf der linken Seite die Ansteuerungskraft, wenn das Ansteuerungssignal angelegt wird.

Wenn der Gewichtsabschnitt 3 in die Richtung x durch die Ansteuerungssoszillation davon verschoben wird, wird eine Überlappungslänge der Oszillationsüberwachungselektroden 5, 6 geändert. Dementsprechend wird die elektrostatische Kapazität zwischen den Oszillationsüberwachungselektroden 5, 6 geändert. Die oben beschriebene externe Schaltung wandelt die Änderung der elektrostatischen Kapazität in eine Änderung der Spannung um, um die physikalischen Größen (Ansteuerungsamplitude, Ansteuerungsgeschwindigkeit und andere) der Ansteuerungssoszillation zu überwachen.

Beispielsweise ist die Steuerung des Festlegens der Ansteuerungsamplitude durch Verwenden einer Rückkopplung (unter Durchführung einer negativen Rückkopplung) auf die Ansteuerungsspannung auf der Grundlage der Amplitude (Ansteuerungsamplitude) der als Ergebnis der oben erwähn-

ten Überwachung erlangten Ansteuerungssoszillation die AGC. Die Verwendung der AGC ist vorteilhaft, da sie die Temperaturabhängigkeit der Ansteuerungsamplitude entfernen und die Temperaturdrift der Empfindlichkeit unterdrücken kann. Es ist nicht notwendig die AGC während der ganzen Zeit zu verwenden, wenn sie nicht so stark benötigt wird, um die Temperaturdrift der Empfindlichkeit zu unterdrücken.

Es wird festgestellt, dass ein Dehnungsmessstreifen und ein elektromagnetisches Erfassungsgerät zum Erfassen einer Änderung des magnetischen Flusses, welcher ein Verdrahtungsteil durchdringt, zusätzlich zu den Oszillationsüberwachungselektroden 5, 6, d. h. den Kammzahnelektroden, als Mittel zum Überwachen der Oszillation verwendet werden kann. In dem Fall der Verwendung des Dehnungsmessstreifens wird beispielsweise ein piezoelektrisches Element auf dem Balkenabschnitt 4 vorgesehen und überwacht die Ansteuerungssoszillation durch den Grad der Verwendung des Balkenabschnitts 4. In dem Fall der Verwendung des elektromagnetischen Erfassungsgeräts wird beispielsweise ein Verdrahtungsteil auf dem Gewichtsabschnitt 3 über den Balkenabschnitt 4 gebildet, und ein über dem Verdrahtungsteil vorgesehener Magnet überwacht die Änderung des magnetischen Flusses, welcher, das Verdrahtungsteil durchdringt.

Wenn die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z vertikal zu der Substratebene (Substratebene des ersten Halbleitersubstrats 101) dem Gewichtsabschnitt 3 hinzugefügt wird, welcher durch Ansteuerung linear entlang der Ansteuerungsrichtung x oszilliert, wirkt die Corioliskraft $F_c = 2 m v \Omega$ (m: Masse des Gewichtsabschnitts 3, v: Geschwindigkeit der Ansteuerungssoszillation, Ω : Winkelgeschwindigkeit) in der Erfassungsrichtung y. Wenn die Corioliskraft F_c auf den Gewichtsabschnitt 3 einwirkt, oszilliert der Gewichtsabschnitt 3 in der Erfassungsrichtung y infolge des Freiheitsgrads der Balkenabschnitte 4 in der Erfassungsrichtung y.

Die Empfindlichkeit des Winkelgeschwindigkeitssensors kann dadurch deutlich erhöht werden, dass die Eigenoszillationsfrequenz in der Erfassungsrichtung y mit der Eigenoszillationsfrequenz in der Ansteuerungsrichtung x in Übereinstimmung gebracht wird und durch eine Ansteuerung in Resonanz (di-resonance). Die Empfindlichkeit des Winkelgeschwindigkeitssensors kann ebenfalls dadurch deutlich erhöht werden, dass die Frequenz der Ansteuerungsspannung mit der Eigenoszillationsfrequenz in der Erfassungsrichtung y ohne resonante Ansteuerung in Übereinstimmung gebracht wird. Es ist nicht nötig stets wie oben beschrieben zu verfahren.

Wenn die elektrostatische Kapazität der Erfassungselektroden 9, 10 zu $C_0 + \Delta C$ wird, wird die elektrostatische Kapazität der Erfassungselektroden 9a, 10a zu $C_0 - \Delta C$ (C_0 : anfängliche Kapazität, ΔC : Änderung der Kapazität durch die Corioliskraft). Da $\Delta C \propto F_c \propto \Omega$ gilt und ΔC proportional zu der Winkelgeschwindigkeit Ω ist, ist es möglich die Winkelgeschwindigkeit Ω durch differentielles Erfassen der Kapazitäten der Erfassungselektrode 9, 10 und der Erfassungselektroden 9a, 10a zu erfassen.

Fig. 3 und 4 zeigen erläuternde Graphen, welche die Operation des Unterdrückens einer unnötigen Oszillation unter Verwendung der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a darstellen, welche Mittel der vorliegenden Ausführungsform zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation sind. Wo ein Bearbeitungsfehler (Bearbeitungsfehler des Balkenabschnitts 4 insbesondere) in dem Winkelgeschwindigkeitssensor 100 wie in Fig. 3A dargestellt vorliegt, ist die Richtung der Ansteuerungssoszillation nicht parallel zu der Ansteuerungsrichtung x und

weicht um einen Winkel θ geneigt von der Ansteuerungsrichtung x mit einer Oszillationskomponente in der Erfassungsrichtung y ab. Da die geneigte bzw. schräge Oszillation (oblique oscillation) ein Rauschen hervorruft, wird es erwünscht diese aufzuheben und wie in Fig. 3B dargestellt festzulegen.

Um die geneigte Oszillation aufzuheben, wird bei der vorliegenden Erfindung das folgende Verfahren angewandt. Es wird angenommen, dass die Ansteuerungssoszillation wie in Fig. 3A dargestellt geneigt ist (dies wird als unnötige Oszillation bezeichnet). Der Winkel der Abweichung der unnötigen Oszillation von der Ansteuerungsrichtung x (Richtung der x-Achse) wird im voraus durch Experimente oder dergleichen vor dem Versenden des Sensors gemessen. Danach wird eine Gleichspannung V an das zweite Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a angelegt.

Wie in Fig. 3B dargestellt empfängt danach der Gewichtsabschnitt 3 eine elektrostatische Kraft F in der Erfassungsrichtung y (Richtung der y-Achse) (d. h. in der Richtung, in welcher die Richtung der Ansteuerungssoszillation korrigiert worden ist), und die Richtung der Ansteuerungssoszillation kann durch Festlegen eines geeigneten Werts auf den Wert der oben beschriebenen Gleichspannung V korrigiert werden.

Es ist ebenfalls möglich nicht die oben beschriebene Gleichspannung sondern eine Wechselspannung mit derselben Frequenz wie der in Fig. 4 dargestellten Ansteuerungsfrequenz als Verfahren zur Korrektur der Ansteuerungssoszillationsrichtung anzulegen. Wenn die unnötige Oszillation wie in Fig. 3A dargestellt auftritt, wird der Gewichtsabschnitt 3 (bewegliche Ansteuerungselektrode 5) periodisch in der Erfassungsrichtung y (Richtung der y-Achse) wie in Fig. 4A dargestellt verschoben. Die Wechselspannung wird an das zweite Paar der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a entsprechend der Periode der Verschiebung angelegt. Dieses Verfahren ist vorteilhaft, da die elektrostatische Kraft unter der maximalen Verschiebung der unnötigen Oszillation maximiert wird.

Als Ergebnis wird wie in Fig. 4B dargestellt die unnötige Oszillation eliminiert. Wenn die Richtung der unnötigen Oszillation (geneigte Oszillation) in die entgegengesetzte Richtung zu derjenigen von Fig. 3A streut (wenn beispielsweise der Winkel der Abweichung $-\theta$ in Fig. 3A ist), kann die Gleich- oder Wechselspannung an das erste Paar von Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8 zu dieser Zeit auf dieselbe Weise wie oben beschrieben angelegt werden. Das Potential der stationären Elektrode zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 8 oder 8a, welches in den ersten und zweiten Paaren der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation nicht verwendet wird, wird mit demjenigen der beweglichen Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 7a gleichgesetzt.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung sind das erste Paar von Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8 und das zweite Paar von Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8a jeweils viermal vorgesehen. Obwohl jeweils eines auf vier festgelegt ist und es sehr einfach und von Vorteil ist sie auf die selbe Weise zu steuern, können sie separat gesteuert werden. Obwohl die Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation auf beiden Seiten der Ansteuerungselektroden vorgesehen sind, welche dazwischen schichtweise angeordnet sind, können sie des weiteren lediglich auf einer Seite vorgesehen sein. Es wird jedoch eine Anordnung wie in der Figur dargestellt entsprechend dem Gesichtspunkt der Symmetrie bevorzugt. Obwohl Fig. 4A die Sinuswelle darstellt, kann die

Welle eine Rechteckswelle sein.

Es wird gefordert diese Einstellungen, welche sich auf die Unterdrückung einer unnötigen Oszillation beziehen, zu beenden, bevor der Sensor ausgeliefert wird. D. h. die nicht dargestellte externe Schaltung sollte vor dem Ausliefern eingestellt werden, so dass die Gleich- oder Wechselspannung zum Unterdrücken der unnötigen Oszillation an das erste Paar von Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7a, 8 oder an das zweite Paar von Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen 7a, 8a während der Verwendung des Sensors angelegt wird.

Die Wirkung der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a auf den Winkelgeschwindigkeitsausgangswert wird unter Bezugnahme auf Fig. 5A bis 5D erläutert. Fig. 5A stellt die Verschiebung des Gewichtsabschnitts 3 (bewegliche Ansteuerungselektrode 5) in der Erfassungsrichtung x (Richtung der x-Achse) dar, wenn eine unnötige Oszillation vorhanden ist, wobei die Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a nicht verwendet werden und die Winkelgeschwindigkeit gleich null ist. Die Verschiebung in der Erfassungsrichtung y ruft Änderungen in der Kapazität der Erfassungselektroden 9, 10, 9a und 10a hervor und beeinträchtigt die Erfassung als Rauschen.

Wenn die unnötige Oszillation tatsächlich vorhanden ist und die Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a wie in Fig. 5B dargestellt nicht verwendet werden, erscheinen ein Winkelgeschwindigkeitssignal S1 hervorgerufen durch die Winkelgeschwindigkeit und ein Signal S2 hervorgerufen durch die unnötige Oszillation gemischt (obwohl sogar deren Phasen voneinander um etwa 90° abweichen), wenn die Winkelgeschwindigkeit angelegt wird.

Fig. 5C und 5D stellen die Fälle dar, wenn die Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a demgegenüber verwendet werden. Wenn keine Winkelgeschwindigkeit vorliegt (vgl. Fig. 5C), tritt keine Verschiebung in der Erfassungsrichtung y auf, und es gibt keinen Ausgang. Wenn jedoch die Winkelgeschwindigkeit aufgebracht wird (vgl. Fig. 5D), ist es möglich lediglich das Winkelgeschwindigkeitssignal S1 zu erfassen, wodurch eine ideale Erfassung der Winkelgeschwindigkeit realisiert wird.

Wie oben beschrieben können bei der vorliegenden Erfindung die Mittel zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a die Oszillationskomponente des Gewichtsabschnitts in der Erfassungsrichtung y aufheben, welche die Komponente der unnötigen Oszillation bei der Ansteuerungsozillation in der Ansteuerungsrichtung x ist, durch Aufbringen der externen Kraft auf den Gewichtsabschnitt 3 in der Erfassungsrichtung y. Als Ergebnis ist es möglich die unnötige Oszillation des Gewichtsabschnitts 3 in der Richtung außer der Ansteuerungsrichtung x zu unterdrücken und den Gewichtsabschnitt 3 vorzugsweise lediglich in der Ansteuerungsrichtung x anzusteuern und oszillieren zu lassen.

Es ist ebenfalls möglich den Fehler des Winkelgeschwindigkeitsausgangswerts durch Aufheben der Streuung der Ansteuerungsozillation des Gewichtsabschnitts 3 in der Erfassungsrichtung y hervorgerufen durch den Bearbeitungsfehler der Balkenabschnitte 4 und andere zu verringern. Die Verringerung des Fehlers des Winkelgeschwindigkeitsausgangswerts ist verbunden mit der Verringerung der Temperaturänderung an dem Nullpunkt des Winkelgeschwindigkeitsausgangswerts.

Die vorliegende Ausführungsform wird ebenfalls dadurch bestimmt, dass etwas, was die elektrostatische Kraft als dem Gewichtsabschnitt 3 aufzubringende externe Kraft erzeugt, als Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen

Oszillation verwendet wird. Die vorliegende Ausführungsform ist mit den stationären Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation (Kammzahnelektroden an der Basisabschnittseite) 8, 8a versehen, welche kammartig von dem Gewichtsabschnitt 3 herausragen, um in die Lücken der stationären Elektroden 8, 8a zu greifen, und die elektrostatische Kraft wird zwischen diesen Elektroden erzeugt.

Die Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation und andere bei der vorliegenden Ausführungsform können leicht unter Verwendung einer Mikro-Materialbearbeitungstechnologie zur Herstellung des Winkelgeschwindigkeitssensors 100 hergestellt werden, welche die Herstellungsprozesse vereinfacht, was eine geringe Anzahl von Teilen erfordert und die Miniaturisierung ermöglicht. Die Kammstruktur wie die Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation bei der vorliegenden Ausführungsform ist dahingehend vorteilhaft, dass sie eine sehr große elektrostatische Kraft zulässt, die pro Einheitsfläche des Chips zu erzeugen ist, der sich aus dem Sensor zusammensetzt, und dementsprechend eine geringe Spannung erfordert.

Des weiteren sind an beiden Seiten der jeweiligen Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 7a, die Kammzahnelektroden der Basisabschnittseite 8, 8a angeordnet, um eine Lücke dazwischen zu definieren, und die jeweiligen Kammzahnelektroden 7, 7a sind derart angeordnet, dass sie einer der benachbarten Kammzahnelektroden der Basisabschnittseite 8, 8a näher kommen als der Mitte der Lücke. Daher wird jede der Kammzahnelektroden der Basisabschnittseite 7, 7a, welche die beweglichen Elektroden sind, zu den näheren Kammzahnelektroden der Basisabschnittseite 8, 8a, welche die stationären Elektroden sind, durch die elektrostatische Kraft angezogen. Als Ergebnis ist es möglich die Oszillationsrichtung des Gewichtsabschnitts 3 leicht in dem normalen Zustand zu ändern.

Ebenfalls werden bei der vorliegenden Ausführungsform die Ansteuerungselektroden 5, 6, welche die Kammzahnelektroden sind, als Einrichtung (Ansteuerungseinrichtung) für die Oszillationsansteuerung des Gewichtsabschnitts 3 verwendet, und sie erzeugen eine elektrostatische Kraft zwischen dem Gewichtsabschnitt 3 und dem Basisabschnitt 2. Der Gewichtsabschnitt 3 wird angesteuert, um durch die elektrostatische Kraft zu oszillieren. Daher vereinfacht im Vergleich mit einer elektromagnetischen Ansteuerung und einer piezoelektrischen Ansteuerung die elektrostatische Ansteuerung unter Verwendung der elektrostatischen Kraft den Prozess, wodurch eine geringe Anzahl von Teilen erfordert wird und die Miniaturisierung ermöglicht wird.

Fig. 6 stellt ein anderes Beispiel des Winkelgeschwindigkeitssensors der vorliegenden Ausführungsform dar. Obwohl ein in Fig. 6 dargestellter Winkelgeschwindigkeitssensor 150 grundlegend dieselbe Struktur wie der in Fig. 1 dargestellte Winkelgeschwindigkeitssensor 100 besitzt, unterscheidet er sich dahingehend, dass die Oszillationsüberwachungselektroden 12, 13 zur Überwachung einer physikalischen Größe der Ansteuerungsozillation zusätzlich gebildet sind.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 100 ist insbesondere keine Oszillationsüberwachungselektrode vorgesehen, und von den an den rechten und linken Seiten des Gewichtsabschnitts 3 vorgesehenen Ansteuerungselektroden 5, 6 werden welche (beispielsweise die Ansteuerungselektroden der rechten Seite 5, 6) als die Oszillationsüberwachungselektroden verwendet. Daher wird die Ansteuerungskraft lediglich dem Gewichtsabschnitt 3 an der linken Seite in dem in Fig. 1 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 100 aufgebracht.

Demgegenüber wird bei dem in Fig. 6 dargestellten Win-

kelgeschwindigkeitssensor 150 der Gewichtsabschnitt 3 an den rechten und linken Seiten angesteuert. Dies wird bezüglich der Gesichtspunkte der Geometrie und der Größe der Ansteuerungsamplitude als vorteilhaft angesehen. Wenn beispielsweise die Ansteuerungsspannung gleich ist, sollte die bei dem in Fig. 6 dargestellten Sensor erlangte Ansteuerungsamplitude etwa doppelt so groß sein wie die in Fig. 1 dargestellte. Die anderen Wirkungen des Winkelgeschwindigkeitssensors 150 sind dieselben wie die oben beschriebenen.

Zweite Ausführungsform

Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform erläutert, wobei hauptsächlich auf Unterschiede zu der ersten Ausführungsform abgehoben wird. Fig. 7 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 200 der vorliegenden Ausführungsform dar, und Fig. 8 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 250 eines anderen Beispiels der vorliegenden Ausführungsform dar. Obwohl bei der oben beschriebenen ersten Ausführungsform ein Gewichtsabschnitt 3 vorliegt, unterscheidet sich die vorliegende Ausführungsform von der ersten Ausführungsform hauptsächlich dahingehend, dass eine Mehrzahl von Gewichtsabschnitten 3, die jeweils nahezu gleich ausgebildet sind, gebildet sind (bei dieser Ausführungsform sind es zwei).

Der Winkelgeschwindigkeitssensor 200 enthält entsprechend Fig. 7 zwei Teile B, welche jeweils dem in Fig. 1 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 100 entsprechen und parallel zu der Richtung der y-Achse vorgesehen sind. Der Winkelgeschwindigkeitssensor 250 von Fig. 8 enthält zwei Teile C, welche jeweils dem in Fig. 6 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 150 entsprechen und welche parallel zu der Richtung der x-Achse vorgesehen sind. Dabei ist ein Teil der Bezugszeichen in Fig. 7 und 8 ausgelassen. Die Elektrodenkontaktstellen 11 sind an dem äußeren Umfangs- bzw. Randteil in dem in Fig. 8 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 250 angeordnet, so dass die Form der Gräben 1 mehr oder weniger gegenüber der in Fig. 6 dargestellten geändert ist.

Als nächstes werden die Operationen der Sensoren 200 und 250 der vorliegenden Ausführungsform erläutert, wobei hauptsächlich auf Unterschiede bezüglich der ersten Ausführungsform abgehoben wird. Die Operation bzw. der Betrieb von jedem Gewichtsteil 3 ist im wesentlichen gleich demjenigen der ersten Ausführungsform. Jedoch zeigt sich der Vorteil bei der vorliegenden Ausführungsform insbesondere dann, wenn die Gewichtsabschnitte 3 angesteuert oszillieren, so dass die Phasen der Ansteuerungssoszillationen zueinander in Beziehung zu den jeweiligen Gewichtsabschnitten 3 entgegengesetzt sind. Dies liegt daran, dass die Störungsbeschleunigung durch Umkehren der Phasen der Ansteuerungssoszillationen aufgehoben werden kann. Dieser Punkt wird detailliert unten erläutert.

Zuerst oszillieren beide Gewichtsabschnitte 3 angesteuert entlang der Ansteuerungsrichtung x in den Phasen entgegengesetzt zu einander. Da in dem Fall des Sensors mit einem Gewichtsabschnitt 3 die Intervalle der Erfassungselektroden 9, 10, 9a und 10a sich ändern, wenn eine Beschleunigung (Störungsbeschleunigung) von außen in derselben Richtung wie die Corioliskraft hinzugefügt wird, kann die Beschleunigung ein Rauschen verursachen. Das heißt, sogar dann, wenn die Winkelgeschwindigkeit null beträgt, scheint es so, als ob die Winkelgeschwindigkeit erzeugt wird.

Jedoch befinden sich bei der vorliegenden Ausführungsform die Winkelgeschwindigkeitssignale von den zwei Gewichtsabschnitten 3, welche in Phasen entgegengesetzt zueinander angesteuert oszillieren, zueinander in Gegenphase,

während die durch die Störungsbeschleunigung hervorgerufenen Signale sich zueinander in Phase befinden. Daher kann der Einfluss der Störungsbeschleunigung durch Subtrahieren (Differenzbildung) der Ausgänge der zwei Gewichtsabschnitte 3 entfernt werden. Die vorliegende Ausführungsform besitzt den Vorteil, dass die Empfindlichkeit im Vergleich mit der ersten Ausführungsform verdoppelt ist. Es ist ebenfalls möglich die Beschleunigung durch Addieren (Summenbildung) der Ausgänge der zwei Gewichtsabschnitte 3 zu messen. Somit ist es möglich einen Sensor zu realisieren, welcher sowohl die Beschleunigung als auch die Winkelgeschwindigkeit durch Verarbeitung der Signale messen kann.

Die mehreren Gewichtsabschnitte 3 können unabhängig voneinander angeordnet werden, ohne dass sie verbunden sind. Dementsprechend wird die Anordnung der Gewichtsabschnitte 3 frei, und der Sensor kann als Ganzes miniaturisiert werden. Dies verringert einfach die Kosten und verbessert die Ausbeute. Obwohl die zwei Gewichtsabschnitte 3 auf demselben Chip in dem in der Figur dargestellten Beispiel gebildet sind, ist es ebenfalls möglich jeden der Gewichtsabschnitte 3 auf separaten Chips jeweils anzuordnen. Dies trägt ebenfalls zur Verbesserung des Ertrags bei.

Wenn die mehreren Gewichtsabschnitte 3 nicht miteinander verbunden sind, ist es nötig einen Balken zum Verbinden der Gewichtsabschnitte 3 bereitzustellen. Daher können mehrere Ansteuerungselektroden 5, 6 leicht um den einzelnen Gewichtsabschnitt 3 als Ansteuerungsrichtung befestigt werden. In dem in der Figur dargestellten Beispiel sind zwei Sätze von kammförmigen Ansteuerungselektroden 5, 6 sowohl an den oberen und unteren Seiten des einzelnen Gewichtsabschnitts 3 gebildet, um die Ansteuerungskraft zu vergrößern. Wenn beispielsweise die zwei Gewichtsabschnitte 3 durch einen Balken 20 wie bei einer im folgenden beschriebenen dritten Ausführungsform miteinander verbunden sind, werden die Ansteuerungselektroden 5, 6 lediglich an einer Seite des Gewichtsabschnitts 3 bereitgestellt, da der Balken zu einem Hindernis führt.

Dritte Ausführungsform

Als nächstes wird die dritte Ausführungsform erläutert, wobei hauptsächlich auf die Unterschiede zu der ersten Ausführungsform abgehoben wird. Die vorliegende Ausführungsform ist bezüglich der zweiten Ausführungsform modifiziert und dadurch charakterisiert, dass wenigstens zwei Gewichtsabschnitte durch wenigstens einen Verbindungsbalken verbunden sind.

Fig. 9 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 300 der vorliegenden Ausführungsform dar, welcher zwei Gewichtsabschnitte 3 ähnlich wie der in Fig. 8 dargestellte Winkelgeschwindigkeitssensor 250 aufweist. Jedoch gibt es anders als bei dem Winkelgeschwindigkeitssensor 250 keine Innenseitenansteuerungselektroden 5, 6 (die rechte Seite des linken Gewichtsabschnitts 3 und die linke Seite des rechten Gewichtsabschnitts 3), und die zwei Gewichtsabschnitte 3 sind mit einem Verbindungsbalken (Kopplungsbalken) 20 verbunden, welcher zum Verschieben der zwei Gewichtsabschnitte 3 sowohl in die Ansteuerungsrichtung x als auch in die Erfassungsrichtung y geeignet ist. Der Sensor 300 besitzt eine Form, bei welcher zwei Teile D mit derselben Form an den rechten und linken Seiten angeordnet sind.

Als nächstes wird der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform mit dem Schwerpunkt auf die Unterschiede zu der zweiten Ausführungsform erläutert. Die Operation des Oszillierens der Gewichtsabschnitte 3 in Phase oder in Gegenphase ist dieselbe wie bei der zweiten Ausführungsform.

Die folgenden Punkte sind ebenfalls dieselben wie bei der zweiten Ausführungsform.

D. h. der Einfluss der Beschleunigung kann durch Differenzbildung der Ausgangssignale der zwei Gewichtsabschnitte 3 entfernt werden, die Empfindlichkeit ist nahezu doppelt so groß wie bei der ersten Ausführungsform, und die Beschleunigung kann durch Summenbildung der Ausgänge der zwei Gewichtsabschnitte 3 gemessen werden. Dementsprechend kann der Sensor realisiert werden, der gleichzeitig zum Messen der Winkelgeschwindigkeit und der Beschleunigung geeignet ist.

Nebenbei bemerkt, die vorliegenden Erfindung besitzt die folgenden Vorteile, da der Verbindungsbalken 20 die zwei Gewichtsabschnitte 3 verbindet. Die zwei Gewichtsabschnitte 3 bilden ein gekoppeltes Oszillationssystem durch die Verbindung der Gewichtsabschnitte durch den Verbindungsbalken 20. Sogar wenn die Gewichtsabschnitte der rechten und der linken Seiten 3 und die Balkenabschnitte 4 und andere damit Verbundene infolge der Bearbeitungsfehler oder dergleichen nicht symmetrisch strukturiert werden könnten, besitzen dementsprechend die Frequenzcharakteristiken der Amplituden von beiden Gewichtsabschnitten 3 Spitzen (Maximalwerte) bei derselben Frequenz (Eigenfrequenz).

Daher besitzen die Amplituden von beiden Gewichtsabschnitten 3 zueinander nähere Werte bei Resonanz. Wenn nebenbei bemerkt der Verbindungsbalken 2 nicht vorgesehen ist und ein Bearbeitungsfehler auftritt, ist es sehr schwierig die Amplituden der Gewichtsabschnitte der rechten und linken Seiten 3 miteinander in Übereinstimmung zu bringen, da die Eigenfrequenzen von beiden Gewichtsabschnitten 3 miteinander nicht übereinstimmen. Sogar wenn die Amplituden miteinander in Übereinstimmung gebracht werden können, ist die Amplitude klein, da die Frequenzen von dem Resonanzpunkt abweichen. Folglich ist die Empfindlichkeit niedrig, was nachteilig ist.

Vierte Ausführungsform

Als nächstes wird eine vierte Ausführungsform erläutert. Die vorliegende Ausführungsform ist bezüglich der ersten Ausführungsform modifiziert, und es werden die Unterschiede zu der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf Fig. 10 und 11 erläutert. Fig. 10 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 400 der vorliegenden Ausführungsform dar, und Fig. 11 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 450 als Beispiel der vorliegenden Ausführungsform dar.

Zuerst wird der in Fig. 10 dargestellte Winkelgeschwindigkeitssensor 400 erläutert. Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform dahingehend, dass der Gewichtsabschnitt 3 einen ersten Gewichtsabschnitt (Ansteuerungsgewichtsabschnitt) 3a, welcher zur Ansteuerungszoszillation in der Ansteuerungsrichtung x geeignet ist, und zwei zweite Gewichtsabschnitte (Erfassungsgewichtsabschnitt) 3b aufweist, welche mit dem ersten Gewichtsabschnitt 3a durch Ansteuerungsbalken bzw. -ausleger 4a verbunden sind und mit dem Basisabschnitt 2 durch Erfassungsbalken 4b verbunden sind.

D. h. der erste Gewichtsabschnitt 3a ist über die zweiten Gewichtsabschnitte 3b mit dem Basisabschnitt 2 durch die Ansteuerungsbalken 4a verbunden. Der Balkenabschnitt der vorliegenden Erfindung setzt sich bei der vorliegenden Ausführungsform aus den Ansteuerungsbalken 4a und den Erfassungsbalken 4b zusammen.

Es ist vorteilhaft die vier Ansteuerungsbalken 4a derart zu entwerfen, dass sie mit den zweiten Gewichtsabschnitten 3b verbunden sind und lediglich einen Freiheitsgrad in der An-

steuerungsrichtung x besitzen, und die vorliegende Ausführungsform ist wie oben beschrieben konstruiert. Es ist jedoch nicht immer eine derartige Konstruktion nötig, solange wie der erste Gewichtsabschnitt 3a hauptsächlich in der Ansteuerungsrichtung x verschoben wird.

Die vier Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a und die zwei Erfassungselektroden 9, 10, 9a und 10a sind jeweils an den zweiten Gewichtsabschnitten 3b und dem Basisabschnitt 2 vorgesehen, welcher ihnen gegenüberliegt. Während der zweite Gewichtsabschnitt 3b mit dem Basisabschnitt 2 durch die zwei Erfassungsbalken 4b verbunden und daran befestigt ist, sind diese Erfassungsbalken 4b derart entworfen, dass sie einen Freiheitsgrad hauptsächlich in der Erfassungsrichtung y besitzen.

Dementsprechend kann der erste Gewichtsabschnitt 3a in der Ansteuerungsrichtung x durch die Spannung angesteuert oszillieren, welche an die bewegliche Ansteuerungselektrode 5, die auf dem ersten Gewichtsabschnitt 3a gebildet ist, und die stationäre Ansteuerungselektrode 6 angelegt wird, welche auf dem Basisabschnitt 2 gegenüberliegend gebildet ist. Wenn die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z während dieser Ansteuerungszoszillation aufgebracht wird, oszillieren beide Gewichtsabschnitte 3a in der Erfassungsrichtung y durch die Erfassungsbalken 4b.

Die Ansteuerungselektroden 5, 6 auf einer Seite des ersten Gewichtsabschnitts 3a können als Oszillationsüberwachungselektroden ebenfalls bei diesem Winkelgeschwindigkeitssensor 400 verwendet werden. Dabei können Oszillationsüberwachungselektroden 12, 13 zur Überwachung der physikalischen Größe der Ansteuerungszoszillation des ersten Gewichtsabschnitts 3a zusätzlich wie bei dem in Fig. 11 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 450 gebildet sein, welcher ein anderes Beispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

Kurz dargestellt, der Unterschied zwischen Fig. 10 und 11 ist derselbe wie der Unterschied zwischen Fig. 1 und 6 bei der ersten Ausführungsform. Das heißt, wenn die AGC verwendet wird, wird der erste Gewichtsabschnitt 3a von einer Seite der linken und rechten Seiten bei dem in Fig. 10 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 400 angesteuert. Demgegenüber wird der erste Gewichtsabschnitt 3a von beiden Seiten in dem in Fig. 11 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 450 angesteuert, und er wird bezüglich der Gesichtspunkte der Symmetrie und der Größe der Ansteuerungsamplitude als vorteilhaft angesehen.

Als nächstes wird die Operation des Sensors der vorliegenden Ausführungsform erläutert. Wenn eine periodische Spannung an die nicht dargestellte externe Schaltung angelegt wird, oszilliert der erste Gewichtsabschnitt 3a angesteuert entlang der Ansteuerungsrichtung x infolge des Freiheitsgrads der Ansteuerungsbalken 4a in der Ansteuerungsrichtung x. Da zu dieser Zeit die zweiten Gewichtsabschnitte 3a nicht angesteuert oszillieren (verschoben werden), ändern sich die Kapazitäten zwischen den Erfassungselektroden 9, 10, 9a und 10a kaum durch die einfache Ansteuerungszoszillation. Dies ist ein charakteristischer Punkt der vorliegenden Ausführungsform, und dementsprechend können die Sensoren 400 und 450 der vorliegenden Ausführungsform mit wenig Rauschen und einer guten Auflösung im Vergleich zu der ersten Ausführungsform erzielt werden.

Die oben beschriebene Ansteuerung in Resonanz oder in Nicht-Resonanz kann ebenfalls bei der vorliegenden Ausführungsform angenommen werden. Es ist ebenfalls vorteilhaft die ACG-Steuerung anzunehmen, da sie ermöglicht, dass die Temperaturabhängigkeit der Ansteuerungsamplitude entfernt und die Temperaturdrift der Empfindlichkeit

unterdrückt wird.

Wenn die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z aufgebracht wird, wenn der erste Gewichtsabschnitt 3a angesteuert oszilliert, oszillieren beide Gewichtsabschnitte 3a und 3b in der Erfassungsrichtung y infolge des Freiheitsgrads der Erfassungsbalken 4b in der Erfassungsrichtung y . Zu der Zeit kann die Winkelgeschwindigkeit Ω durch differenziertes Erfassen der Kapazität der Erfassungselektroden 9, 10 und der Kapazität der Erfassungselektroden 9a, 10a im wesentlichen auf dieselbe Weise wie bei der ersten Ausführungsform erfasst werden.

Das Verfahren zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation hervorgerufen durch den Bearbeitungsfehler (Bearbeitungsfehler der Ansteuerungsbalken 4a insbesondere) in den Winkelgeschwindigkeitssensoren 400 und 450 kann ausgeführt werden durch Verwendung der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform. Dementsprechend wird wie bezüglich Fig. 5A bis 5D erläutert kein Ausgang ausgegeben, wenn die Winkelgeschwindigkeit gleich null ist, und es wird lediglich ein Winkelgeschwindigkeitssignal erfasst, wenn die Winkelgeschwindigkeit auf dieselbe Weise wie bezüglich der ersten Ausführungsform beschrieben aufgebracht wird. Somit kann eine ideale Erfassung der Winkelgeschwindigkeit durchgeführt werden.

Fünfte Ausführungsform

Als nächstes wird eine fünfte Ausführungsform erläutert. Die vorliegende Ausführungsform ist modifiziert und wird durch Kombinieren der vierten Ausführungsform mit der zweiten Ausführungsform bereitgestellt, und es wird hauptsächlich der Unterschied zu der vierten Ausführungsform unten erläutert. Fig. 12 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 500 der vorliegenden Ausführungsform dar. Während der erste Gewichtsabschnitt 3a und die zweiten Gewichtsabschnitte 3b einen Gewichtsabschnitt 3 bei der vierten Ausführungsform bilden, unterscheidet sich die vorliegende Ausführungsform von der vierten Ausführungsform hauptsächlich darin, dass mehrere (in diesem Beispiel 2) Gewichtsabschnitte 3 vorgesehen sind, welche jeweils nahezu gleich ausgebildet sind.

Der in Fig. 12 dargestellte Winkelgeschwindigkeitssensor 500 besitzt zwei Teile E, welche jeweils dem in Fig. 11 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 450 entsprechen und parallel zu der Richtung der x -Achse vorgesehen sind. In Fig. 12 ist ein Teil der Bezugszeichen ausgelassen. Die Formen der Gräben 1 sind bezüglich den in Fig. 11 Dargestellten mehr oder weniger geändert, so dass die Elektrodenkontaktstellen 11 an dem äußeren Umfangs- bzw. Randteil des Winkelgeschwindigkeitssensors 500 angeordnet sind.

Als nächstes wird der Betrieb des Sensors 500 der vorliegenden Ausführungsform beschrieben, wobei hauptsächlich auf die Unterschiede bezüglich der vierten Ausführungsform abgehoben wird. Die Operation des ersten Gewichtsabschnitts 3a und der zweiten Gewichtsabschnitte 3b in jedem der Gewichtsabschnitte 3 ist gleich derjenigen der vierten Ausführungsform. Der Vorteil der vorliegenden Ausführungsform zeigt sich insbesondere, wenn die Gewichtsabschnitte 3 angesteuert oszillieren, so dass die jeweiligen ersten Gewichtsabschnitte 3a in Gegenphase oszillieren, da die Störungsbeschleunigung aus denselben Gründen wie bezüglich der zweiten Ausführungsform beschrieben aufgehoben werden kann.

Das heißt, wenn beide erste Gewichtsabschnitte 3a entlang der Ansteuerungsrichtung x in Gegenphase zueinander angesteuert oszillieren und die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z aufgebracht wird, oszil-

lieren die Gewichtsabschnitte 3a, 3b in der Erfassungsrichtung y in Gegenphase zueinander in den jeweiligen Gewichtsabschnitten 3 infolge des Freiheitsgrads der Erfassungsbalken 4a in der Erfassungsrichtung y . Zu dieser Zeit kann der Einfluss der Störungsbeschleunigung durch Differenzbildung der Ausgänge von den zwei zweiten Gewichtsabschnitten 3b entfernt werden. Des weiteren ist die Empfindlichkeit im Vergleich mit der vierten Ausführungsform doppelt so hoch.

Es ist ebenfalls möglich die Beschleunigung unter Summenbildung der Ausgänge von den zwei zweiten Gewichtsabschnitten 3b demgegenüber zu messen. Dementsprechend kann ein Sensor realisiert werden, der gleichzeitig zum Messen der Beschleunigung und der Winkelgeschwindigkeit geeignet ist. Die vorliegende Ausführungsform kann ebenfalls die Wirkungen zeigen, welche durch Halten der mehreren Gewichtsabschnitte 3 unabhängig voneinander ohne sie zu verbinden erlangt werden. Das heißt, der Sensor kann als Ganzes miniaturisiert werden, die Kosten sind verringert, der Ertrag ist verbessert, und die mehreren Ansteuerungselektroden können ähnlich wie bei der zweiten Ausführungsform einfach angeordnet werden.

Sechste Ausführungsform

Als nächstes wird eine sechste Ausführungsform erläutert. Die vorliegende Ausführungsform ist bezüglich der fünften Ausführungsform modifiziert, d. h. sie stellt eine Kombination der dritten Ausführungsform und der vierten Ausführungsform dar. Die Unterschiede zu der fünften Ausführungsform werden hauptsächlich unter Bezugnahme auf Fig. 13 erläutert, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor 600 der vorliegenden Ausführungsform darstellt.

Der Winkelgeschwindigkeitssensor 600 besitzt zwei Gewichtsabschnitte 3, welche sich jeweils aus dem ersten Gewichtsabschnitt 3a und den zweiten Gewichtsabschnitten 3b ähnlich wie bei dem in Fig. 12 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 500 zusammensetzen. Jedoch unterscheidet er sich in den folgenden Punkten. Insbesondere sind keine Innenseitenansteuerungselektroden 5, 6 (die rechte Seite des linken ersten Gewichtsabschnitts 3a und die linke Seite des rechtsseitigen ersten Gewichtsabschnitts 3a) vorhanden. Die zwei ersten Gewichtsabschnitte 3a sind durch den Verbindungsbalken (gekoppelten Balken) 20 verbunden, welcher zum Verschieben der zwei Gewichtsabschnitte 3 sowohl in der Ansteuerungsrichtung x als auch in der Erfassungsrichtung y geeignet ist. Es wird festgestellt, dass der Sensor 600 zwei Teile F besitzt, welche dieselbe Form aufweisen und auf den rechten und linken Seiten angeordnet sind.

Als nächstes wird der Betrieb der vorliegenden Erfindung erläutert, wobei hauptsächlich auf die Unterschiede zu der fünften Ausführungsform abgehoben wird. Der Betrieb bzw. die Operation des Oszillierens der ersten Gewichtsabschnitte 3a in Phase oder in Gegenphase ist derselbe wie bei der fünften Ausführungsform. Die folgenden Punkte sind ebenfalls dieselben wie bei der fünften Ausführungsform.

Insbesondere kann der Einfluss der Beschleunigung durch Differenzbildung der Ausgangssignale der zwei zweiten Gewichtsabschnitte 3b entfernt werden. Die Empfindlichkeit ist nahezu doppelt so groß wie bei der vierten Ausführungsform. Des weiteren kann die Beschleunigung durch Summenbildung der Ausgänge von den zwei zweiten Gewichtsabschnitten 3b gemessen werden. Somit kann der Sensor, welcher gleichzeitig zur Messung der Winkelgeschwindigkeit und der Beschleunigung geeignet ist, in Abhängigkeit eines Signalverarbeitungsverfahrens realisiert werden.

Da die zwei ersten Gewichtsabschnitte 3a durch den Ver-

bindungsbalken 20 bei der vorliegenden Ausführungsform verbunden sind, kann die Wirkung, welche durch ein gekoppelte Oszillationssystem erzielt wird, dass sich aus dem zweiten Gewichtsabschnitt 3 zusammensetzt, ähnlich wie der dritten Ausführungsform sein.

Siebente Ausführungsform

Als nächstes wird die siebente Ausführungsform erläutert. Die vorliegende Ausführungsform ist bezüglich der ersten Ausführungsform modifiziert, und es werden die Unterschiede zu dem Sensor 100 der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf Fig. 14 erläutert. Fig. 14 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 700 der vorliegenden Ausführungsform dar.

Die vorliegende Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform dahingehend, dass sich der Gewichtsabschnitt 3 aus den ersten Gewichtsabschnitten (Ansteuerungsgewichtsabschnitten) 3c, welche mit dem Basisabschnitt 2 durch Ansteuerungsbalken 4a verbunden sind und zum angesteuerten oszillieren in der Ansteuerungsrichtung x (erste Richtung) geeignet sind, und einem zweiten Gewichtsabschnitt (Erfassungsgewichtsabschnitt) 3d zusammensetzt, welcher mit den ersten Gewichtsabschnitten 3c durch die Erfassungsbalken 4b verbunden ist. Der zweite Gewichtsabschnitt 3d kann nicht nur in der Ansteuerungsrichtung x verschoben werden, sondern ebenfalls dementsprechend in der Erfassungsrichtung x (zweite Richtung).

D. h. der zweite Gewichtsabschnitt 3d ist mit den ersten Gewichtsabschnitten 3c durch die Erfassungsbalken 4b verbunden, und die ersten Gewichtsabschnitte 3c sind mit dem Basisabschnitt 2 über die Ansteuerungsbalken 4a verbunden. Der Balkenabschnitt der vorliegenden Erfindung setzt sich aus den Ansteuerungsbalken 4a und den Erfassungsbalken 4b bei der vorliegenden Ausführungsform zusammen. Die vier Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation 7, 8, 7a und 8a und die zwei Elektroden 9, 10, 9a und 10a sind an dem zweiten Gewichtsabschnitt 3a bzw. den ihm gegenüberliegenden Sockelabschnitten 2 vorgesehen.

Ähnlich wie bei der vierten Ausführungsform sind die mit den ersten Gewichtsabschnitten 3c verbundenen vier Ansteuerungsbalken 4a derart entworfen, dass sie einen Freiheitsgrad hauptsächlich in der Ansteuerungsrichtung x besitzen, und die zwei Erfassungsbalken 4b, welche mit dem zweiten Gewichtsabschnitt 3d verbunden sind, sind derart entworfen, dass sie einen Freiheitsgrad hauptsächlich in der Erfassungsrichtung y besitzen. Das heißt, da der zweite Gewichtsabschnitt 3d mit den ersten Gewichtsabschnitten 3c verbunden ist, besitzt der zweite Gewichtsabschnitt 3d einen Freiheitsgrad nicht nur in der Ansteuerungsrichtung x ähnlich wie der erste Gewichtsabschnitt 3c, sondern ebenfalls in der Erfassungsrichtung y relativ bezüglich zu den ersten Gewichtsabschnitten 3c.

Danach können die ersten Gewichtsabschnitte 3c in der Ansteuerungsrichtung x zusammen mit dem zweiten Gewichtsabschnitt 3d durch die Wirkung der Ansteuerungsbalken 4a angesteuert oszillieren, wenn eine Spannung angelegt wird zwischen der auf den jeweiligen ersten Gewichtsabschnitten 3c gebildeten beweglichen Ansteuerungselektrode 5 und der stationären Ansteuerungselektrode 6, welche auf dem Basisabschnitt 2 dazu gegenüberliegend gebildet ist. Wenn eine Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z während dieser Ansteuerungsozillation angelegt wird, oszilliert danach der zweite Gewichtsabschnitt 3d in der Erfassungsrichtung y durch die Erfassungsbalken 4b.

Die Oszillationsüberwachungselektroden 12, 13 sind auf den ersten Gewichtsabschnitten 3c und dem ihnen gegen-

überliegenden Basisabschnitt 2 ebenfalls in dem Winkelgeschwindigkeitssensor 700 gebildet. Die Oszillationsüberwachungselektroden 12, 13 werden zur Überwachung der physikalischen Größe der Ansteuerungsozillation ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform verwendet.

Als nächstes wird der Betrieb des Sensors der vorliegenden Ausführungsform insbesondere erläutert. Wenn eine periodische Spannung an die nicht dargestellte externe Schaltung angelegt wird, oszillieren die ersten Gewichtsabschnitte 3c angesteuert entlang der Ansteuerungsrichtung x zusammen mit dem zweiten Gewichtsabschnitt 3d infolge des Freiheitsgrads der Ansteuerungsbalken 4a in der Ansteuerungsrichtung x. Dabei oszilliert der erste Gewichtsabschnitt 3c nicht angesteuert (wird nicht verschoben), wobei sich die Kapazität zwischen den Erfassungselektroden 9, 10, 9a und 10a infolge der einfachen Ansteuerungsozillation (reine Oszillation in der Ansteuerungsrichtung) ändert.

Obwohl der Unterschied bezüglich der vierten Ausführungsform ein Nachteil dieser Ausführungsform zu sein scheint, zeigt sich tatsächlich dazu keine Schwierigkeit, da der Einfluss der Ansteuerungsozillation durch Summenbildung der Ausgänge der benachbarten zwei Erfassungselektroden aufgehoben werden kann.

Die oben beschriebene Ansteuerung in Resonanz oder in Nicht-Resonanz kann ebenfalls bei der vorliegenden Ausführungsform angenommen werden. Es ist ebenfalls vorteilhaft die ACG anzunehmen, da sie die Temperaturabhängigkeit der Ansteuerungsamplitude entfernen kann und die Temperaturdrift der Empfindlichkeit unterdrücken kann.

Wenn eine Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z in einem Zustand aufgebracht wird, bei welchem die ersten Gewichtsabschnitte 3c und der zweite Gewichtsabschnitt 3d angesteuert oszillieren, oszilliert der zweite Gewichtsabschnitt 3d in der Erfassungsrichtung x infolge des Freiheitsgrads der Erfassungsbalken 4b durch die dem zweiten Gewichtsabschnitt 3d aufgebrachte Corioliskraft. Zu dieser Zeit kann die Winkelgeschwindigkeit Ω durch differentiell Erfassen der Kapazität der Erfassungselektroden 9, 10 und der Kapazität der Erfassungselektroden 9a, 10a auf dieselbe Weise wie bei der ersten Ausführungsform erfasst werden.

Dabei werden die ersten Gewichtsabschnitte 3c, die Ansteuerungselektroden 5, 6 und die Oszillationsüberwachungselektroden 12, 13 nicht in der Erfassungsrichtung durch die Erfassungsozillation verschoben. Dies bedeutet, dass die Erfassungsozillation nicht durch die elektrostatischen Kräfte der Ansteuerungselektroden 5, 6 und der Oszillationsüberwachungselektroden 12, 13 beeinflusst wird, was zu einer genauen Erfassung der Winkelgeschwindigkeit führt.

Obwohl die Federkonstante der Erfassungsbalken 4b oft im Vergleich mit derjenigen der Ansteuerungsbalken 4a verringert wird, um die Empfindlichkeit im allgemeinen zu erhöhen, werden des weiteren die Erfassungsbalken an der Innenseite der Erfassungsbalken positioniert, welche mit dem Basisabschnitt bei der vorliegenden Ausführungsform verbunden sind. Daher kann die Resonanzfrequenz in der Richtung der Winkelgeschwindigkeitsachse z leicht erhöht werden. Es ist sehr vorteilhaft den Sensor mit geringem Rauschen zu realisieren, da es möglich ist leicht die unnötige Oszillation zu verhindern, wodurch der Gewichtsabschnitt in Richtung der Winkelgeschwindigkeitsachse z in Resonanz gebracht wird.

Das Verfahren zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation hervorgerufen durch den Bearbeitungsfehler (Bearbeitungsfehler der Ansteuerungsbalken 4a insbesondere) bei dem Winkelgeschwindigkeitssensor 700 kann unter Verwendung der Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen

Oszillation 7, 8, 7a und 8a ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform ausgeführt werden. Dementsprechend wird wie bezüglich der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Fig. 5A bis 5D beschrieben überhaupt kein Ausgangssignal ausgegeben, wenn die Winkelgeschwindigkeit null ist, und es wird lediglich ein Winkelgeschwindigkeitssignal erfasst, wenn die Winkelgeschwindigkeit aufgebracht wird.

Achte Ausführungsform

Als nächstes wird eine achte Ausführungsform erläutert. Die vorliegende Ausführungsform ist eine Modifizierung, welche durch Kombinieren der siebenten Ausführungsform mit der zweiten Ausführungsform bereitgestellt wird, und es werden hauptsächlich die Unterschiede zu der siebenten Ausführungsform erläutert. Fig. 15 stellt einen Winkelgeschwindigkeitssensor 800 der vorliegenden Ausführungsform dar. Obwohl die siebente Ausführungsform einen Gewichtsabschnitt 3 aufweist, welcher sich aus den zwei ersten Gewichtsabschnitten 3c und dem zweiten Gewichtsabschnitt 3d zusammensetzt, unterscheidet sich die vorliegende Ausführungsform von der siebenten Ausführungsform dahingehend, dass mehrere (zwei in diesem Beispiel) Gewichtsabschnitte 3 bereitgestellt werden, welche nahezu gleich ausgebildet sind.

Insbesondere besitzt der in Fig. 15 dargestellte Winkelgeschwindigkeitssensor 800 zwei Teile G, welches jeweils dem in Fig. 14 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 700 entsprechen und parallel in Richtung der x-Achse vorgehen sind. Ein Teil der Bezugszeichen ist in Fig. 15 ausgelassen.

Als nächstes wird der Betrieb des Sensors 800 der vorliegenden Ausführungsform erläutert, wobei hauptsächlich auf die Unterschiede zu der siebenten Ausführungsform abgehoben wird. Die Operation des ersten Gewichtsabschnitts 3c und des zweiten Gewichtsabschnitts 3d in jedem der Gewichtsabschnitte 3 ist im wesentlichen dieselbe wie bei der siebenten Ausführungsform. Jedoch zeigt die vorliegende Ausführungsform insbesondere einen Vorteil, wenn die zwei Gewichtsabschnitte 3 in Gegenphase zueinander angesteuert oszillieren, da die Störungsbeschleunigung infolge desselben Grunds wie bei der zweiten Ausführungsform aufgehoben werden kann.

Das heißt, wenn beide Gewichtsabschnitte 3 entlang der Ansteuerungsrichtung x in Gegenphase zueinander angesteuert oszillieren und die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse z aufgebracht wird, oszillieren die Gewichtsabschnitte 3c in den jeweiligen Gewichtsabschnitten 3 in der Erfassungsrichtung y in Gegenphase zueinander infolge des Freiheitsgrads der Erfassungsbalken 4d in der Erfassungsrichtung y. Zur selben Zeit kann der Einfluss der Störungsbeschleunigung unter Differenzbildung der Ausgänge von den zwei Gewichtsabschnitten 3d entfernt werden. Die vorliegende Ausführungsform besitzt dahingehend einen Vorteil, dass die Empfindlichkeit im Vergleich mit der zweiten Ausführungsform verdoppelt ist.

Es ist ebenfalls möglich die Beschleunigung unter Summenbildung der Ausgänge von den zwei zweiten Gewichtsabschnitten 3d demgegenüber zu messen. Dementsprechend kann ein Sensor, welcher zur selben Zeit zum Messen der Beschleunigung und der Winkelgeschwindigkeit geeignet ist, durch Verarbeiten der Signale realisiert werden. Die vorliegende Ausführungsform kann ebenfalls die Wirkungen zeigen, welche erzielt werden durch Halten der Mehrzahl von Gewichtsabschnitten 3 unabhängig voneinander, ohne dass sie verbunden sind. D. h. der Sensor kann als Ganzes miniaturisiert sein, die Kosten sind verringert, der Ertrag ist

erhöht, und die mehreren Ansteuerungselektroden können leicht ähnlich wie bei der zweiten Ausführungsform positioniert werden.

Neunte Ausführungsform

Als nächstes wird eine neunte Ausführungsform erläutert. Die vorliegende Ausführungsform ist bezüglich der achten Ausführungsform modifiziert und stellt eine Kombination der siebenten Ausführungsform und der dritten Ausführungsform dar. Die Unterschiede zu der achten Ausführungsform werden hauptsächlich unter Bezugnahme auf Fig. 16 erläutert, welche einen Winkelgeschwindigkeitssensor 900 der vorliegenden Ausführungsform darstellt.

Obwohl der Winkelgeschwindigkeitssensor 900 zwei Gewichtsabschnitte 3 aufweist, welche sich aus dem ersten Gewichtsabschnitt 3c und den zweiten Gewichtsabschnitten 3d ähnlich wie bei dem in Fig. 15 dargestellten Winkelgeschwindigkeitssensor 800 zusammensetzen, unterscheidet er sich dahingehend, dass keine Innenseitenansteuerungselektroden 5, 6 (die rechte Seite des linken ersten Gewichtsabschnitts 3c und die linke Seite des rechtsseitigen ersten Gewichtsabschnitts 3c) und keine Oszillationsüberwachungselektroden 12, 13 vorhanden sind. Ein weiterer Unterschied liegt dahingehend vor, dass zwei erste Gewichtsabschnitte 3c der zwei Gewichtsabschnitte 3 durch den Verbindungsbalken (gekoppelten Balken) 20 verbunden sind, welcher zum Verschieben der zwei ersten Gewichtsabschnitte 3c sowohl in der Ansteuerungsrichtung x als auch der Erfassungsrichtung y geeignet ist. Der Sensor 900 besitzt zwei Teile H mit derselben Form, die auf den rechten und linken Seiten angeordnet sind.

Als nächstes wird der Betrieb der vorliegenden Ausführungsform erläutert, wobei hauptsächlich auf die Unterschiede zu der achten Ausführungsform abgehoben wird. Die Operation des Oszillierens der jeweiligen Gewichtsabschnitte 3 (des ersten Gewichtsabschnitts 3c und des zweiten Gewichtsabschnitts 3d) in Phase oder in Gegenphase ist gleich wie bei der achten Ausführungsform. Die folgenden Punkte sind ebenfalls gleich wie jene bei der achten Ausführungsform.

Insbesondere kann der Einfluss der Beschleunigung durch Differenzbildung der Ausgangssignale der zwei zweiten Gewichtsabschnitte 3d entfernt werden, wobei die Empfindlichkeit im Vergleich zu der siebenten Ausführungsform nahezu verdoppelt ist, und es kann die Beschleunigung durch Summenbildung der Ausgänge von den zwei zweiten Gewichtsabschnitten 3d gemessen werden. Dementsprechend kann der Sensor, welcher zur gleichen Zeit zum Messen der Winkelgeschwindigkeit und der Beschleunigung geeignet ist, in Abhängigkeit eines Signalverarbeitungsverfahrens realisiert werden.

Da die zwei ersten Gewichtsabschnitte 3c durch den Verbindungsbalken 20 bei der vorliegenden Erfindung verbunden sind, kann des weiteren sich die Wirkung, welche durch das gekoppelte Oszillationssystem erlangt wird, welches durch die zwei Gewichtsabschnitte 3 gebildet wird, ähnlich wie bei der dritten Ausführungsform zeigen.

Weitere Ausführungsformen

Während die jeweiligen Ausführungsformen oben beschrieben worden sind, werden die folgenden Punkte als Gegenstände zitiert, die allen Ausführungsformen gemeinsam sind. Zuerst ist das Verfahren mittels der elektrostatischen Kraft hauptsächlich als Verfahren zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation bei den jeweiligen Ausführungsformen beschrieben worden. Dies liegt daran, dass das Verfah-

ren unter Verwendung der elektrostatischen Kraft den Herstellungsprozess vereinfachen kann, eine geringe Anzahl von Teilen erfordert und die Miniaturisierung gestattet.

Es ist jedoch möglich ein piezoelektrisches Element als Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation zu verwenden. In diesem Fall wird beispielsweise eine piezoelektrische Dünnschicht (nicht dargestelltes piezoelektrisches Element) wie ein PZT auf dem Balkenabschnitt 4 oder dem Ansteuerungsbalken 4a gebildet, und es wird eine externe Kraft auf den Gewichtsabschnitt 3 in der Erfassungsrichtung y unter Verwendung einer Dehnung (strain) aufgebracht, welche erzeugt wird, wenn ein elektrisches Signal an die piezoelektrische Dünnschicht angelegt wird.

Dementsprechend kann die unnötige Oszillation unterdrückt werden. Da das piezoelektrische Element durch die angelegte Spannung eine große Dehnung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation des Gewichtsabschnitts erzeugen kann, ist die erforderliche Spannung klein.

Ein Teil, welches eine Lorentz-Kraft als dem Gewichtsabschnitt 3 aufzubringende externe Kraft erzeugt, kann als die Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation angenommen werden. Insbesondere kann beispielsweise ein nicht dargestelltes Verdrahtungsteil auf dem Gewichtsabschnitt 3 oder dem zweiten Gewichtsabschnitt 3b über den Balkenabschnitt 4 oder den Erfassungsbalken 4b gebildet werden, so dass der Strom, welcher in diesem Verdrahtungsteil fließt, und ein außen vorgesehener Permanentmagnet oder ein (nicht dargestellter Elektromagnet) als Einrichtung zur Erzeugung der Lorentz-Kraft aufeinander einwirken. Danach kann die Lorentz-Kraft durch Regeln des Stromflusses durch das Verdrahtungsteil oder durch Steuern des Stromflusses durch den Elektromagneten gesteuert werden. Bei diesem Steuerverfahren beeinträchtigt die Streuung bzw. das Leck (leakage) der Spannung auf die Erfassungsseite, welche für die Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation verwendet wird, wenig die Erfassung der Winkelgeschwindigkeit durch einen Gleichstromfluss in dem Verdrahtungsteil auf dem Gewichtsabschnitt. Wenn der Permanentmagnet verwendet wird, kann der Energieverbrauch verringert werden.

Die Einrichtung zur Verringerung der unnötigen Oszillation, welche die Lorentz-Kraft verwendet, besitzt dahingehend einen Vorteil, dass die an das Verdrahtungsteil oder den Elektromagneten angelegte Spannung wenig dafür verantwortlich ist ein Rauschen durch ein Leck bzw. eine Streuung davon auf die Winkelgeschwindigkeitserfassungsseite hervorzurufen, und der Wert ist sogar dann klein, wenn ein Leck bzw. eine Streuung auftritt. Die Einrichtung kann ebenfalls die Lorentz-Kraft durch einfache Prozesse durch Vorsehen des Verdrahtungsteils auf dem Gewichtsabschnitt über den Balkenabschnitt erzeugen.

Es können drei oder mehrere Gewichtsabschnitte 3 bei den oben beschriebenen zweiten, dritten, fünften und sechsten Ausführungsformen vorhanden sein. Bei den dritten und sechsten Ausführungsformen sollten wenigstens zwei der mehreren Gewichtsabschnitte 3 durch den Verbindungsbalken 20 verbunden sein. Die zwei Gewichtsabschnitte 3 können durch mehrere (mehr als einen) Verbindungsbalken 20 verbunden sein.

Des weiteren sind die elektrostatische Ansteuerung oder die elektrostatische Erfassung unter Verwendung der Kammzahnelektroden als Ansteuerungseinrichtung für die Ansteuerungsozillation des Gewichtsabschnitts 3 und die Winkelgeschwindigkeitserfassungseinrichtung in den oben beschriebenen jeweiligen Winkelgeschwindigkeitssensoren veranschaulicht worden. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt. Die vorliegende Erfindung ist unabhängig von dem Ansteuerungsverfahren oder dem Er-

fassungsverfahren verwendbar. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung ähnliche Wirkungen wie in dem Winkelgeschwindigkeitssensor zeigen, welcher das Ansteuerungs- oder Erfassungsverfahren unter Verwendung einer elektromagnetischen Kraft oder eines piezoelektrischen Elements und eines Dehnungsmessstreifens annimmt.

Vorstehend wurde ein zur Verhinderung einer unnötigen Oszillation geeigneter Winkelgeschwindigkeitssensor offenbart. Der Winkelgeschwindigkeitssensor (100) besitzt einen Gewichtsabschnitt (3), welcher in einer Ansteuerungsrichtung (x) angesteuert oszillieren kann und in einer Erfassungsrichtung (y) oszillieren kann, wenn eine Winkelgeschwindigkeit aufgebracht wird, und Elektroden zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation (7, 7a, 8, 8a), welche eine dem Gewichtsabschnitt in der Erfassungsrichtung aufzubringende elektrostatische Kraft erzeugen können. Die elektrostatische Kraft verhindert, dass der Gewichtsabschnitt in einer Richtung außer der Ansteuerungsrichtung angesteuert oszilliert. Als Ergebnis kann eine unnötige Oszillation des Gewichtsabschnitts sogar dann verhindert werden, wenn bei dem Winkelgeschwindigkeitssensor ein Bearbeitungsfehler aufgetreten ist.

Patentansprüche

1. Winkelgeschwindigkeitssensor mit:
einem Basisabschnitt (2),
einem Gewichtsabschnitt (3), welcher mit dem Basisabschnitt verbunden ist;
einem Balkenabschnitt (4, 4a, 4b), welcher den Gewichtsabschnitt mit dem Basisabschnitt verbindet und den Gewichtsabschnitt trägt, um dem Gewichtsabschnitt zu gestatten in einer ersten Richtung (z) angesteuert zu oszillieren und in einer zweiten Richtung (y) zu oszillieren, wenn eine Winkelgeschwindigkeit um eine Winkelgeschwindigkeitsachse (z) in einem Zustand aufgebracht wird, bei welchem der Gewichtsabschnitt angesteuert oszilliert, wobei die Winkelgeschwindigkeitsachse senkrecht zu der ersten Richtung und der zweiten Richtung ausgerichtet ist; und
einer Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation (7, 7a, 8, 8a), welche einen externen Kraft dem Gewichtsabschnitt in der zweiten Richtung aufbringt, um zu verhindern, dass der Gewichtsabschnitt in einer Richtung außer der ersten Richtung angesteuert oszilliert.
2. Winkelgeschwindigkeitssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewichtsabschnitt eine Mehrzahl von Gewichtsabschnitten enthält, die unabhängig zueinander verschiebbar sind.
3. Winkelgeschwindigkeitssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewichtsabschnitt erste und zweite Gewichtsabschnitte aufweist, die miteinander durch einen Verbindungsbalken (20) verbunden sind.
4. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewichtsabschnitt erste und zweite Gewichtsabschnitte enthält, die in Gegenphase zueinander angesteuert oszillieren.
5. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation eine elektrostatische Kraft als an den Gewichtsabschnitt anzulegende externe Kraft erzeugt.
6. Winkelgeschwindigkeitssensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation Kammzahn-

elektroden der Basisabschnittsseite (8, 8a), welche von dem Basisabschnitt herausragen, und Kammzahnelektroden der Gewichtsabschnittsseite (7, 7a) aufweist, welche von dem Gewichtsabschnitt herausragen, um mit den Kammzahnelektroden der Basisabschnittsseite in Eingriff gebracht zu werden, und eine elektrostatische Kraft zwischen den Kammzahnelektroden der Basisabschnittsseite und der Kammzahnelektroden der Gewichtsabschnittsseite erzeugt.

7. Winkelgeschwindigkeitssensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine der Kammzahnelektroden der Gewichtsabschnittsseite näher an einer der dazu benachbarten zwei Kammzahnelektroden der Basisabschnittsseite als an der Mitte einer Lücke zwischen den zwei Kammzahnelektroden der Basisabschnittsseite positioniert ist.

8. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Einrichtung zum Unterdrücken einer unnötigen Oszillation aus einem piezoelektrischen Element zusammensetzt, welches auf dem Balkenabschnitt gebildet ist, zum Aufbringen der externen Kraft auf den Gewichtsabschnitt unter Verwendung einer in dem piezoelektrischen Element erzeugten Dehnung.

9. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Einrichtung zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation aus einem Teil zusammensetzt, das eine Lorentz-Kraft als dem Gewichtsabschnitt aufzubringende externe Kraft erzeugt.

10. Winkelgeschwindigkeitssensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Teil sich zusammensetzt aus einem Verdrahtungsteil, welches auf dem Gewichtsabschnitt über den Balkenabschnitt gebildet ist, und entweder aus einem extern vorgesehenen Permanentmagneten oder einem Elektromagneten; und ein Stromfluss in dem Verdrahtungsteil derart vorgesehen ist, dass er sich mit dem Permanentmagneten oder dem Elektromagneten gegenseitig beeinflusst, um die Lorentz-Kraft zu erzeugen.

11. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch ein Ansteuerungsteil (5, 6), welches den Gewichtsabschnitt durch eine zwischen dem Gewichtsabschnitt und dem Basisabschnitt erzeugte elektrostatische Kraft angesteuert oszillieren lässt.

12. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch ein Überwachungsteil (5, 6, 12, 13), welches die physikalische Größe einer Ansteuerungsozillation des Gewichtsabschnitts überwacht.

13. Winkelgeschwindigkeitssensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ansteuerungsamplitude der Ansteuerungsozillation des Gewichtsabschnitts durch eine negative Rückkopplung unter Verwendung eines durch das Überwachungsteil erlangten Ergebnisses auf einen konstanten Wert gesteuert wird.

14. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewichtsabschnitt einen ersten Gewichtsabschnitt (3a) und einen zweiten Gewichtsabschnitt (3b) aufweist, welcher mit dem ersten Gewichtsabschnitt über einen Ansteuerungsbalken (4a) verbunden ist und über einen Erfassungsbalken (4b) mit dem Basisabschnitt verbunden ist;

der erste Gewichtsabschnitt in der ersten Richtung angesteuert oszilliert;

sowohl der erste Gewichtsabschnitt als auch der zweite Gewichtsabschnitt durch den Erfassungsbalken in der zweiten Richtung oszillieren, wenn die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse in dem Zustand aufgebracht wird, bei welchem der erste Gewichtsabschnitt angesteuert oszilliert; und die Winkelgeschwindigkeit auf der Grundlage einer Oszillation des zweiten Gewichtsabschnitts in der zweiten Richtung erfasst wird.

15. Winkelgeschwindigkeitssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Gewichtsabschnitt einen ersten Gewichtsabschnitt (3c), welcher mit dem Basisabschnitt über einen Ansteuerungsbalken (4a) verbunden ist, und einen zweiten Gewichtsabschnitt (3d) aufweist, welcher mit dem ersten Gewichtsabschnitt über einen Erfassungsbalken (4b) verbunden ist;

der erste Gewichtsabschnitt und der zweite Gewichtsabschnitt in der ersten Richtung angesteuert oszillieren; der zweite Gewichtsabschnitt in der zweiten Richtung durch den Erfassungsbalken oszilliert, wenn die Winkelgeschwindigkeit um die Winkelgeschwindigkeitsachse in dem Zustand aufgebracht wird, bei welchem der erste Gewichtsabschnitt und der zweite Gewichtsabschnitt angesteuert oszillieren; und die Winkelgeschwindigkeit auf der Grundlage einer Oszillation des zweiten Gewichtsabschnitts in der zweiten Richtung erfasst wird.

16. Winkelgeschwindigkeitssensor zum Erfassen einer Winkelgeschwindigkeit, welche um eine Winkelgeschwindigkeitsachse (z) aufgebracht wird, mit: einem Basisabschnitt (2);

einem Gewichtsabschnitt (3), welcher mit dem Basisabschnitt verbunden ist, um in einer ersten Richtung (x) zur Durchführung einer Ansteuerungsozillation angesteuert zu oszillieren und um in einer zweiten Richtung (y) zur Durchführung einer Erfassungsozillation zu oszillieren, um die Winkelgeschwindigkeit zu erfassen, wenn die Winkelgeschwindigkeit dem Gewichtsabschnitt aufgebracht wird, welcher die Ansteuerungsozillation durchführt, wobei die erste Richtung und die zweite Richtung senkrecht zu der Winkelgeschwindigkeitsachse ausgerichtet sind; und einem Teil zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation (7, 7a), welches integriert mit dem Gewichtsabschnitt ausgebildet ist, um eine externe Kraft zu erzeugen, welche dem Gewichtsabschnitt in der zweiten Richtung aufgebracht wird, um zu verhindern, dass der Gewichtsabschnitt in der zweiten Richtung angesteuert oszilliert, wenn keine Winkelgeschwindigkeit aufgebracht wird.

17. Winkelgeschwindigkeitssensor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass

das Teil zur Unterdrückung einer unnötigen Oszillation eine Elektrode der Gewichtsabschnittsseite (7, 7a), welche integriert mit dem Gewichtsabschnitt ausgebildet ist, und eine Elektrode der Basisabschnittsseite (8, 8a) enthält, welche mit dem Basisabschnitt integriert ausgebildet ist und der Elektrode der Gewichtsabschnittsseite gegenüberliegt; und die Elektrode der Gewichtsabschnittsseite und die Elektrode der Basisabschnittsseite eine elektrostatische Kraft als externe Kraft durch eine dazwischen angelegte Spannung erzeugen.

FIG. 1

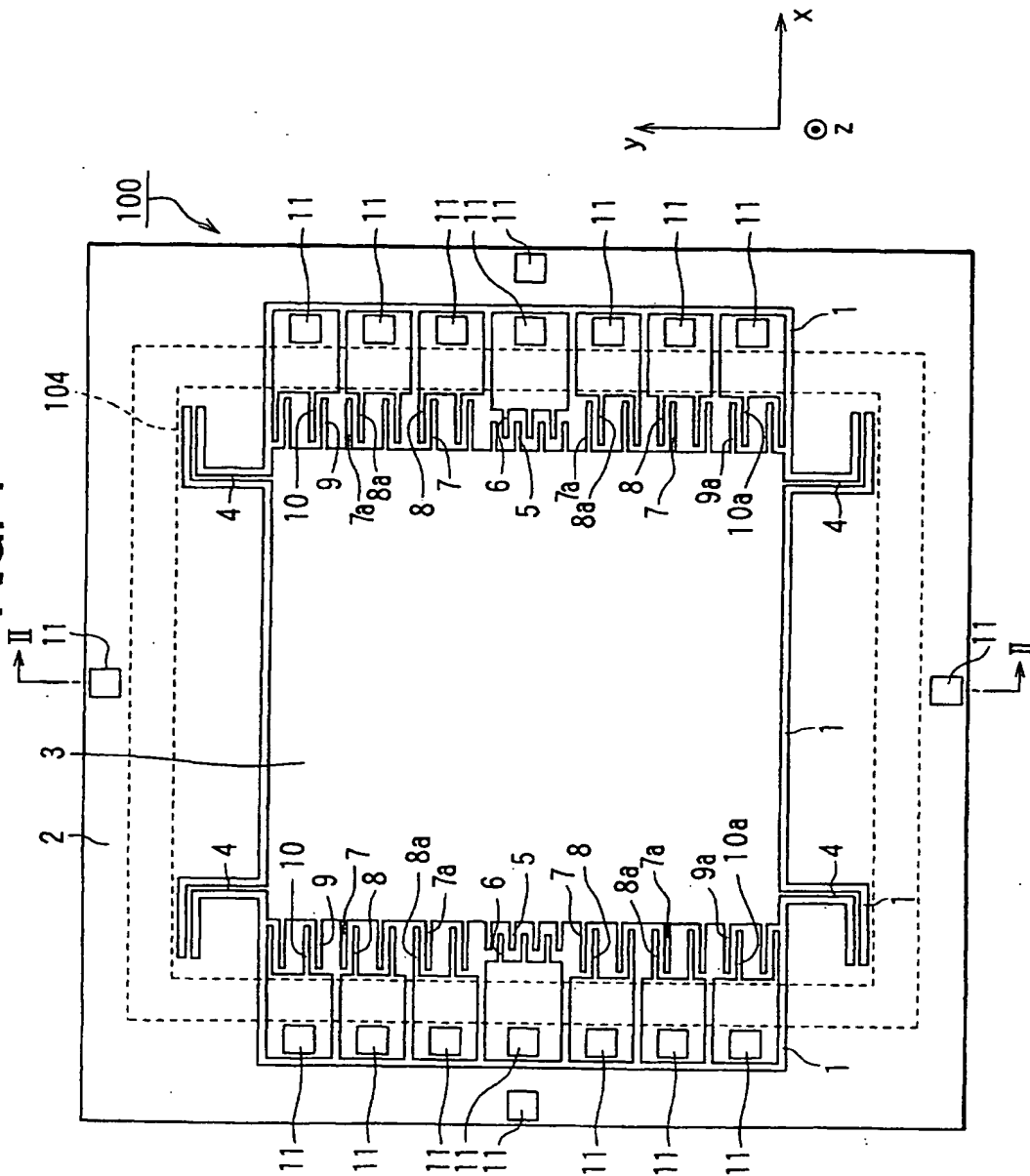


FIG. 2

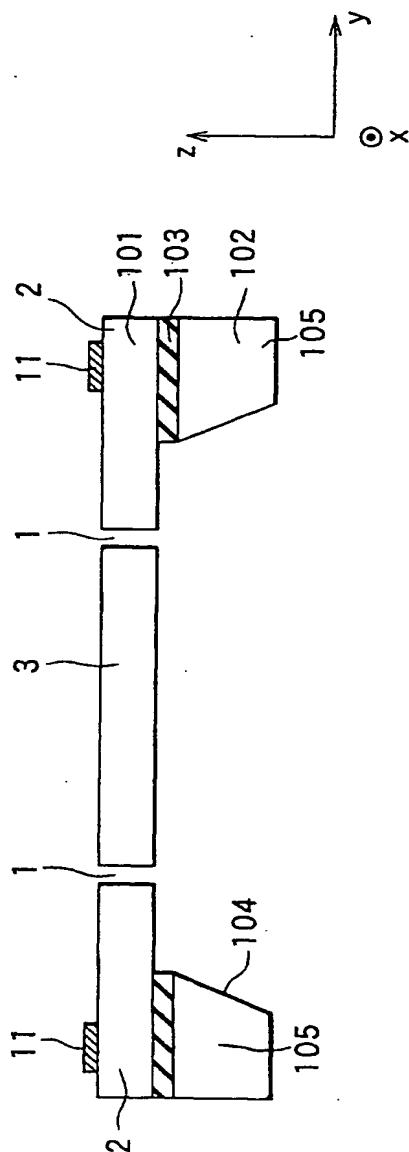


FIG. 3A

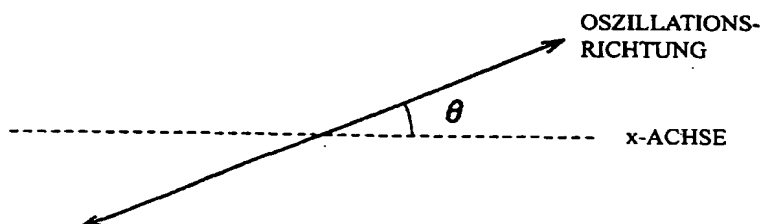


FIG. 3B

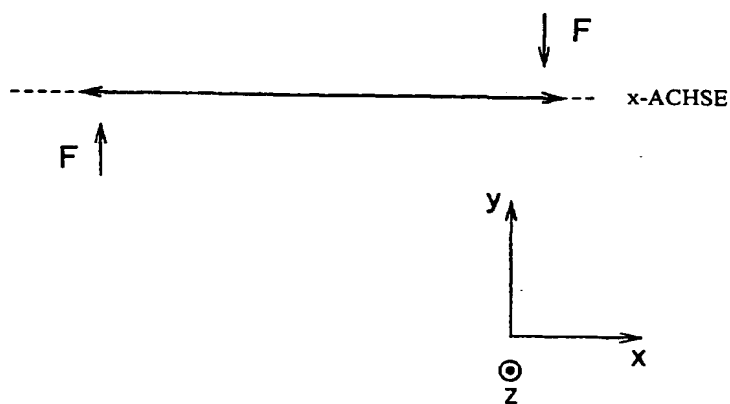


FIG. 4A

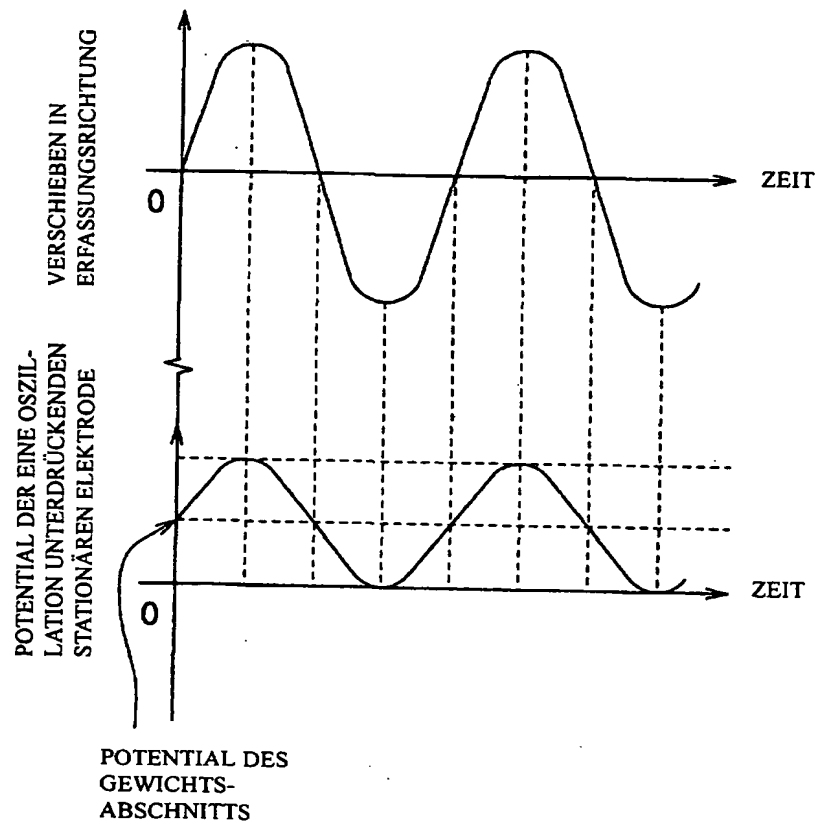


FIG. 4B

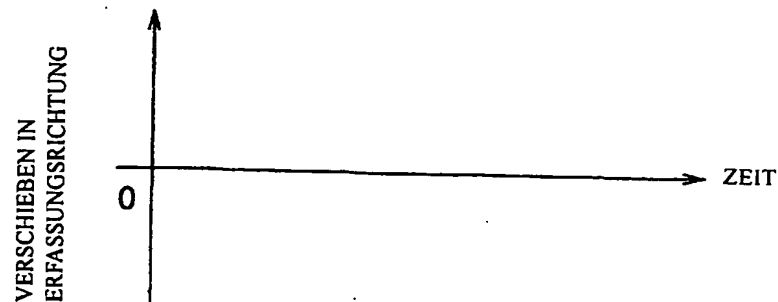


FIG. 5C

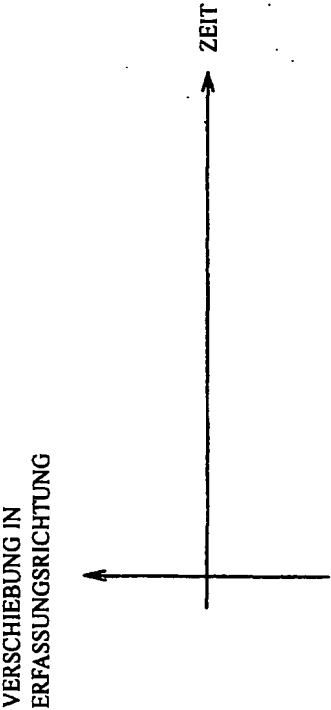


FIG. 5A

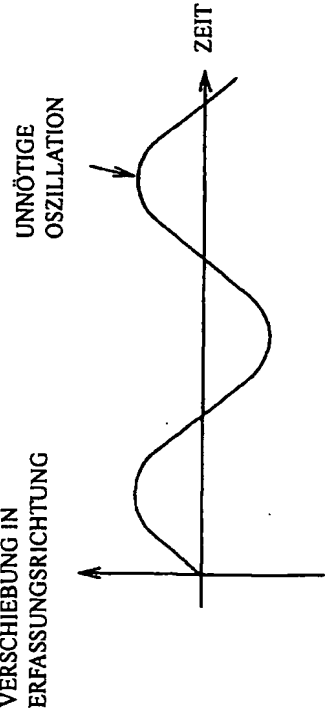


FIG. 5D

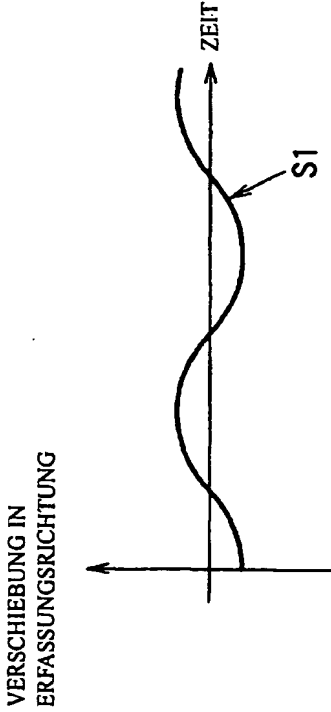


FIG. 5B

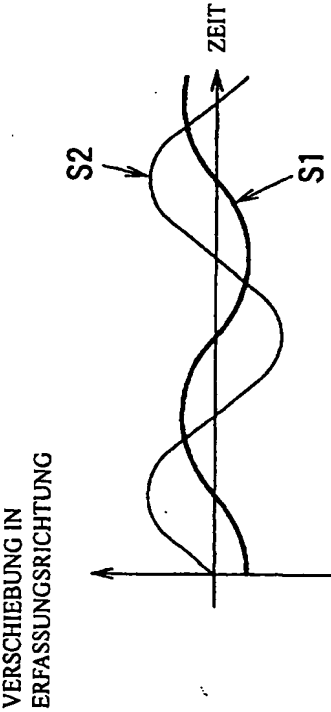


FIG. 6

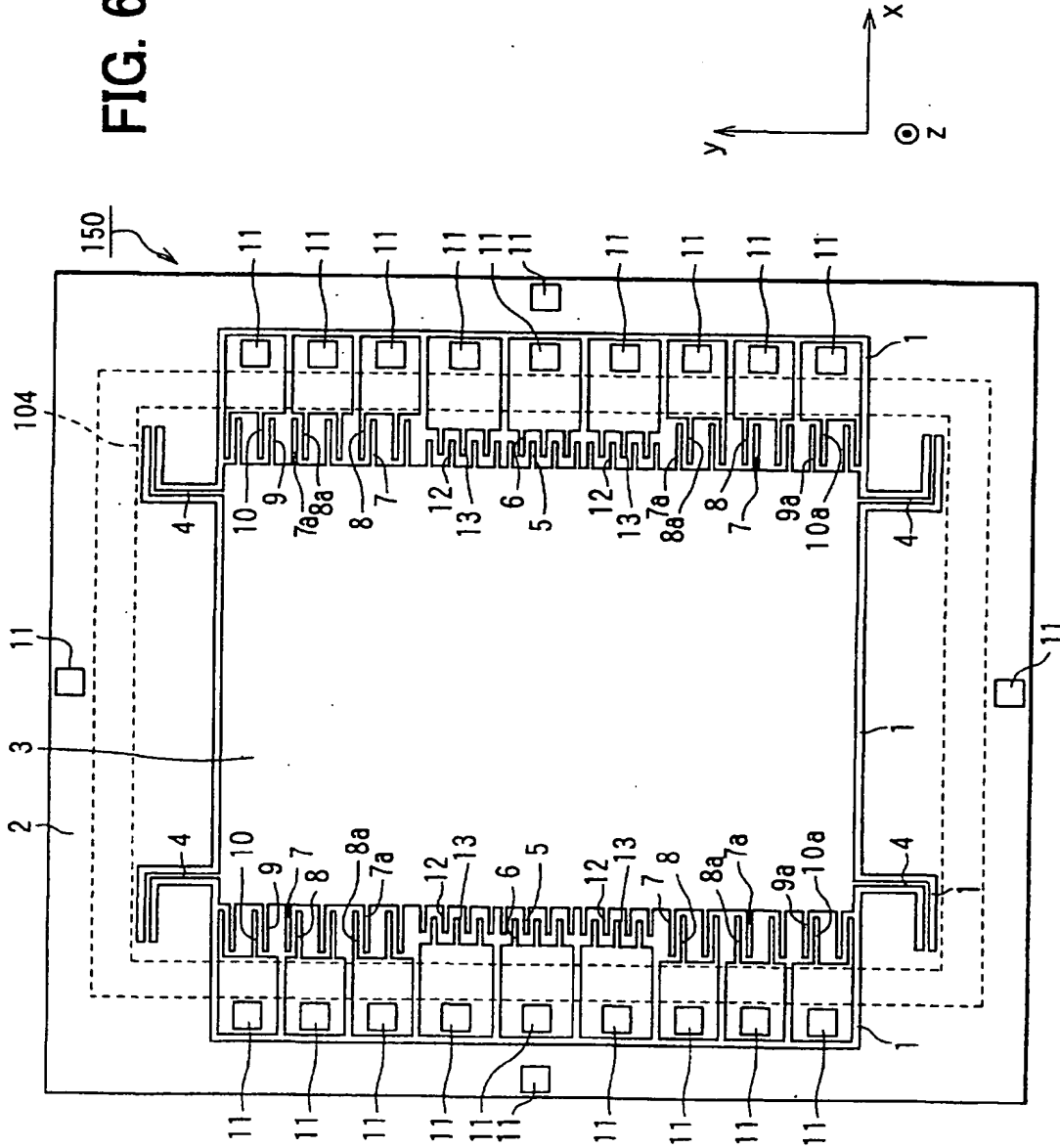


FIG. 7

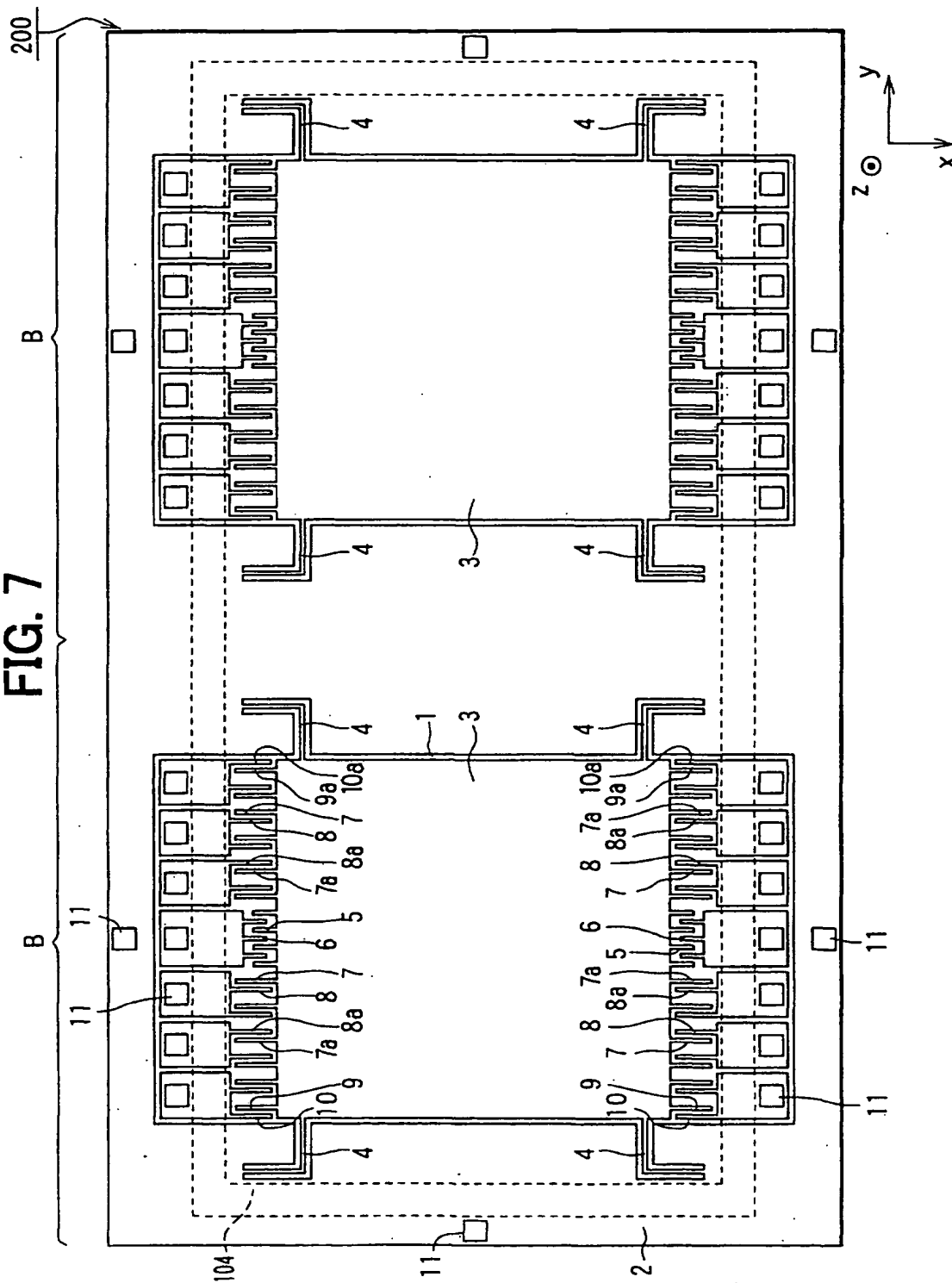


FIG. 8

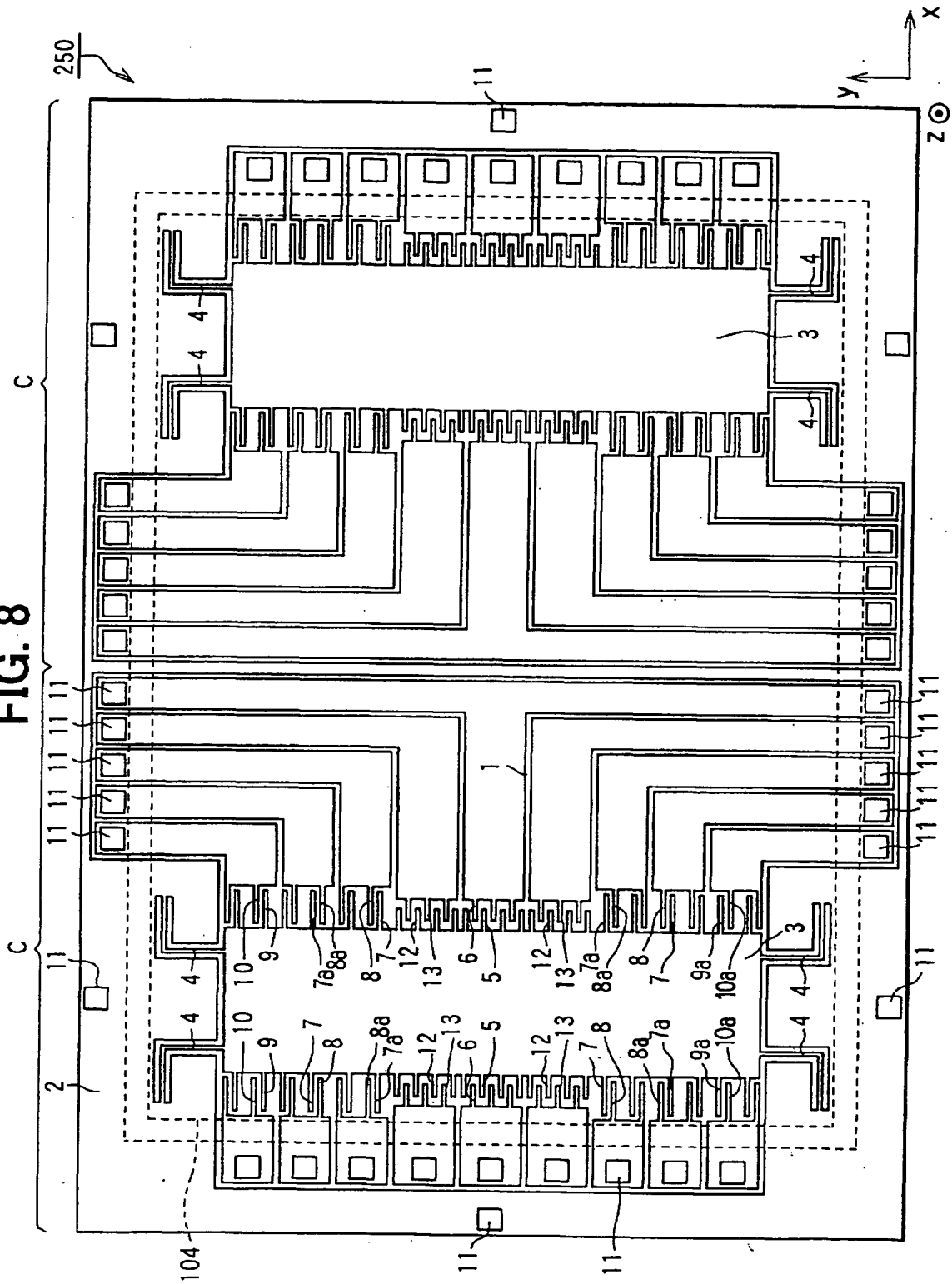


FIG. 9

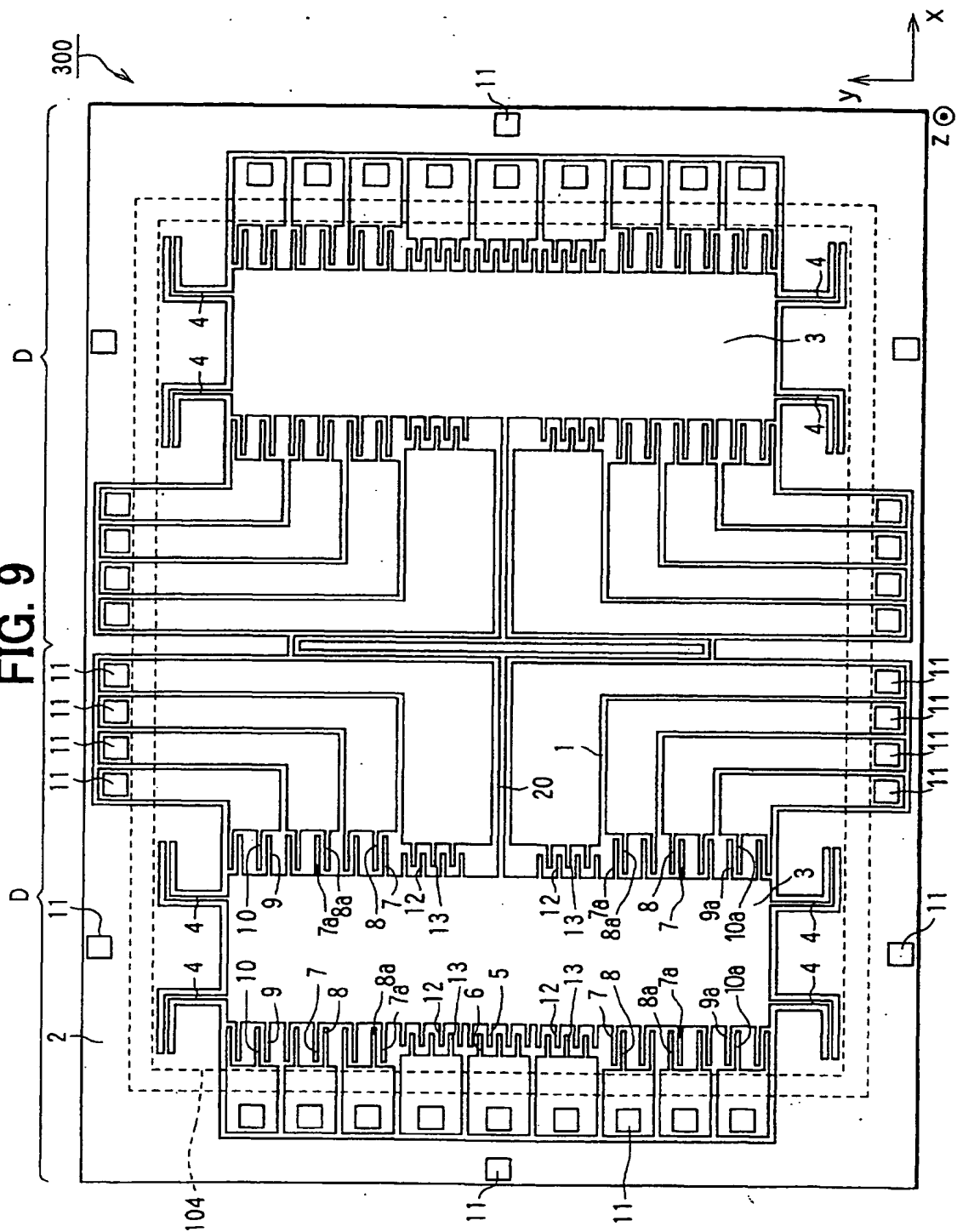


FIG. 10

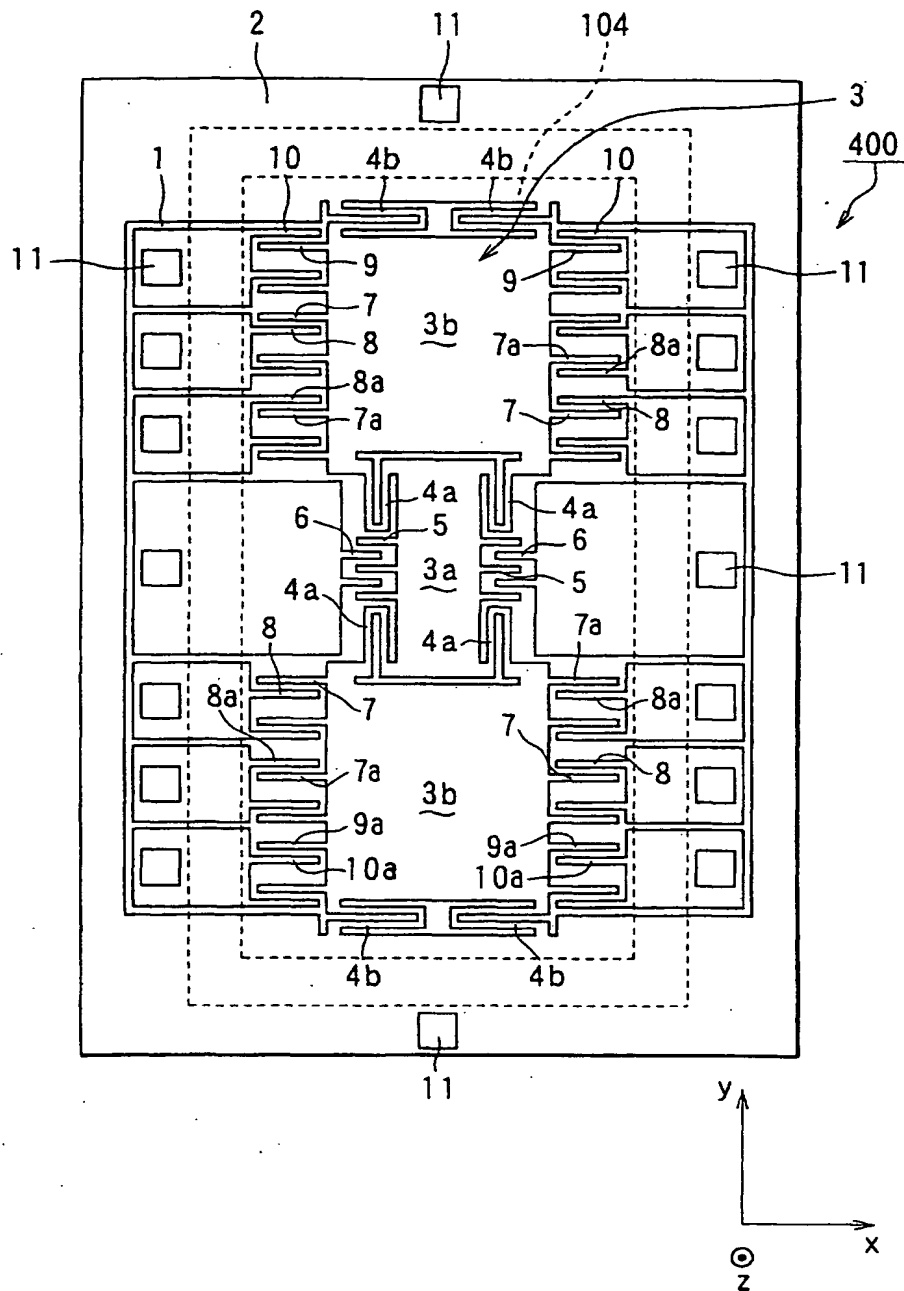


FIG. 11

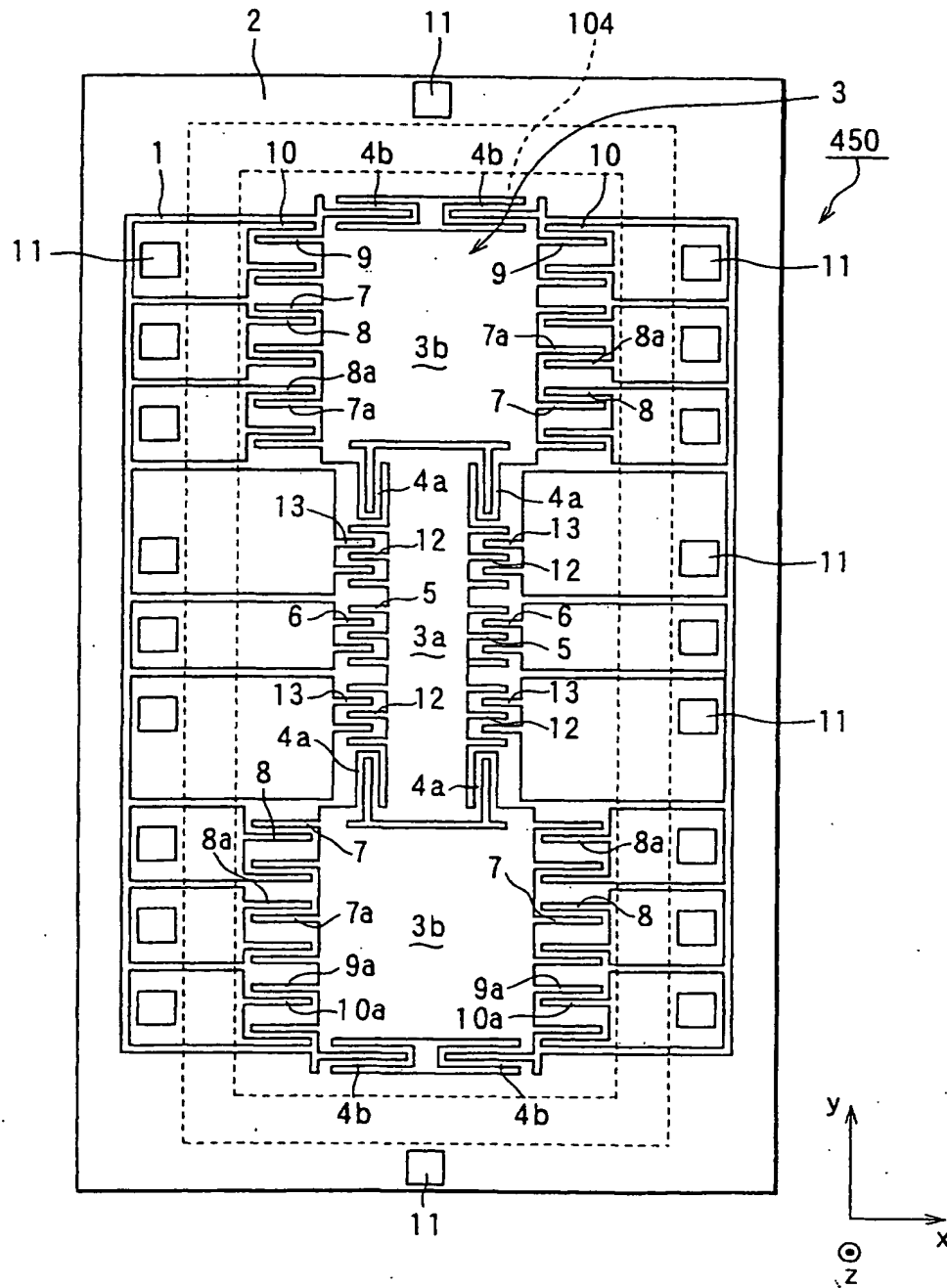
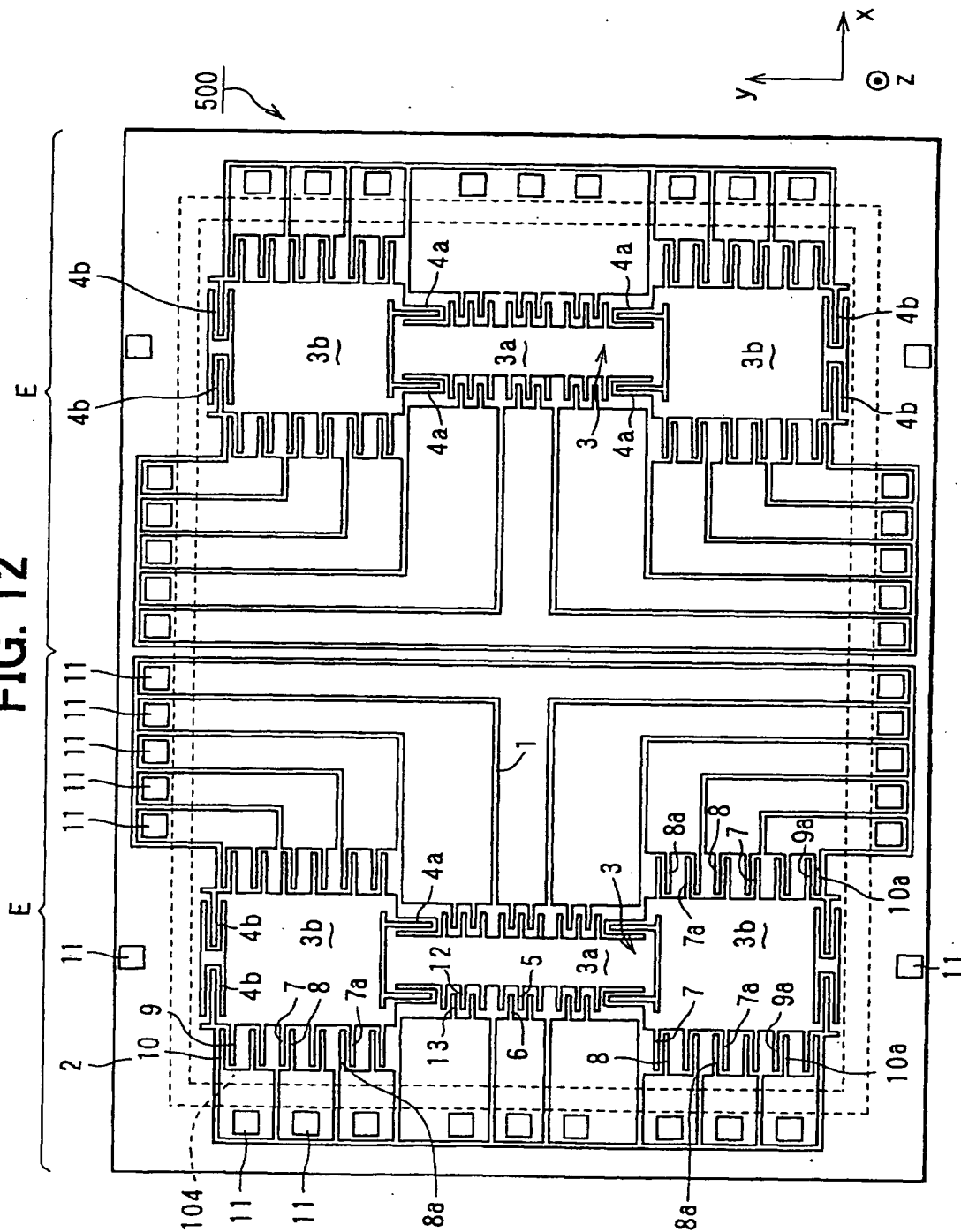


FIG. 12



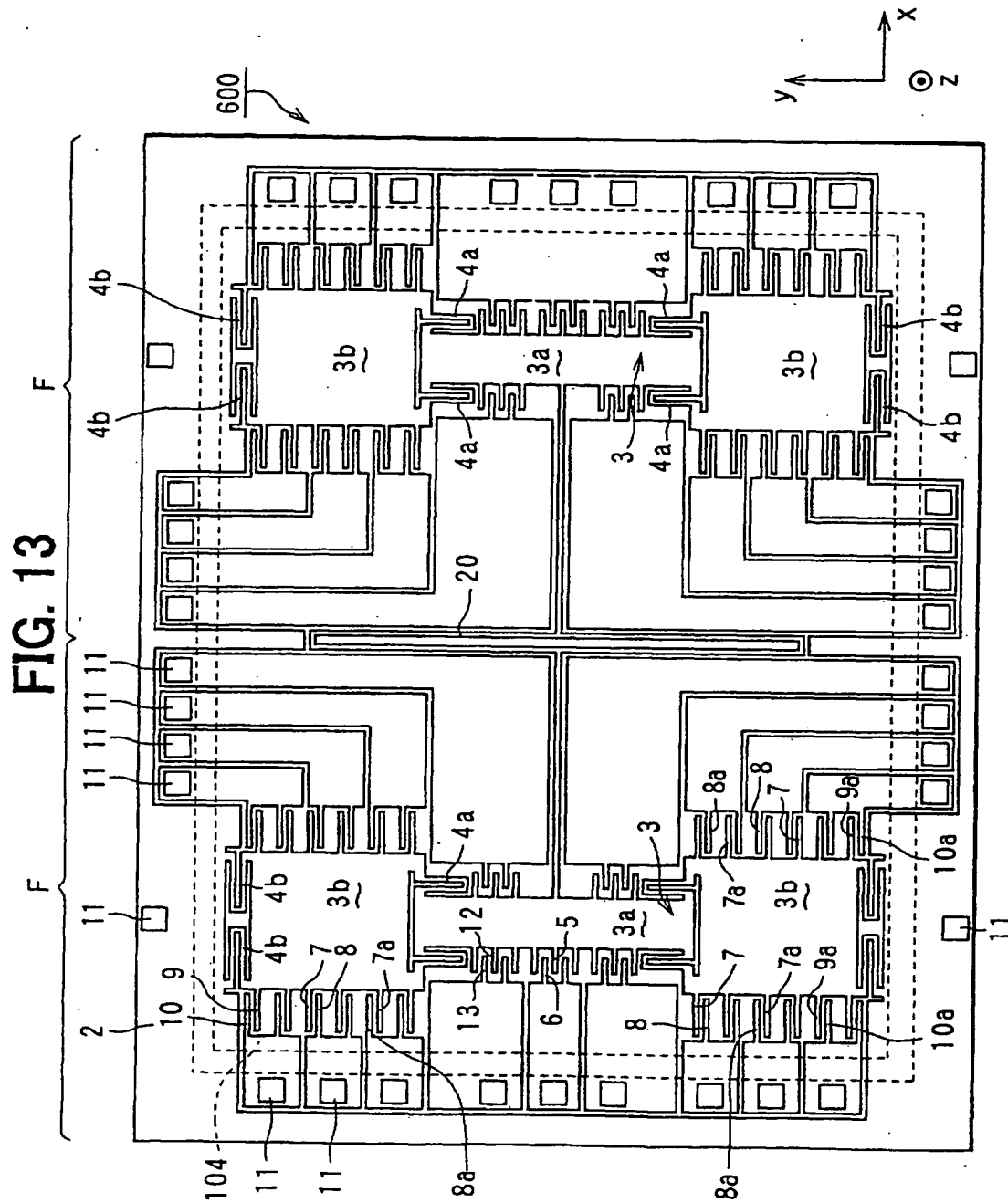


FIG. 14

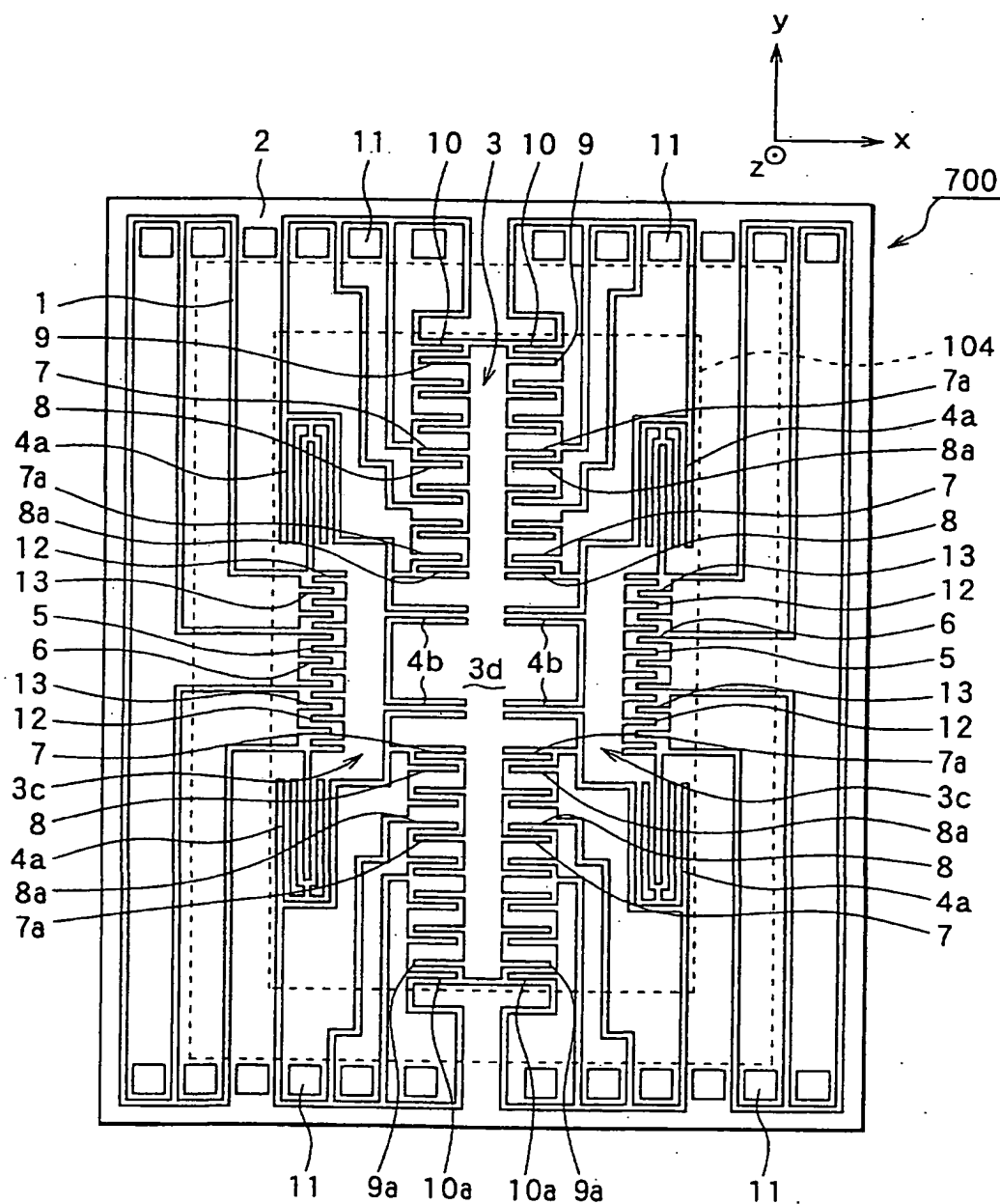


FIG. 15

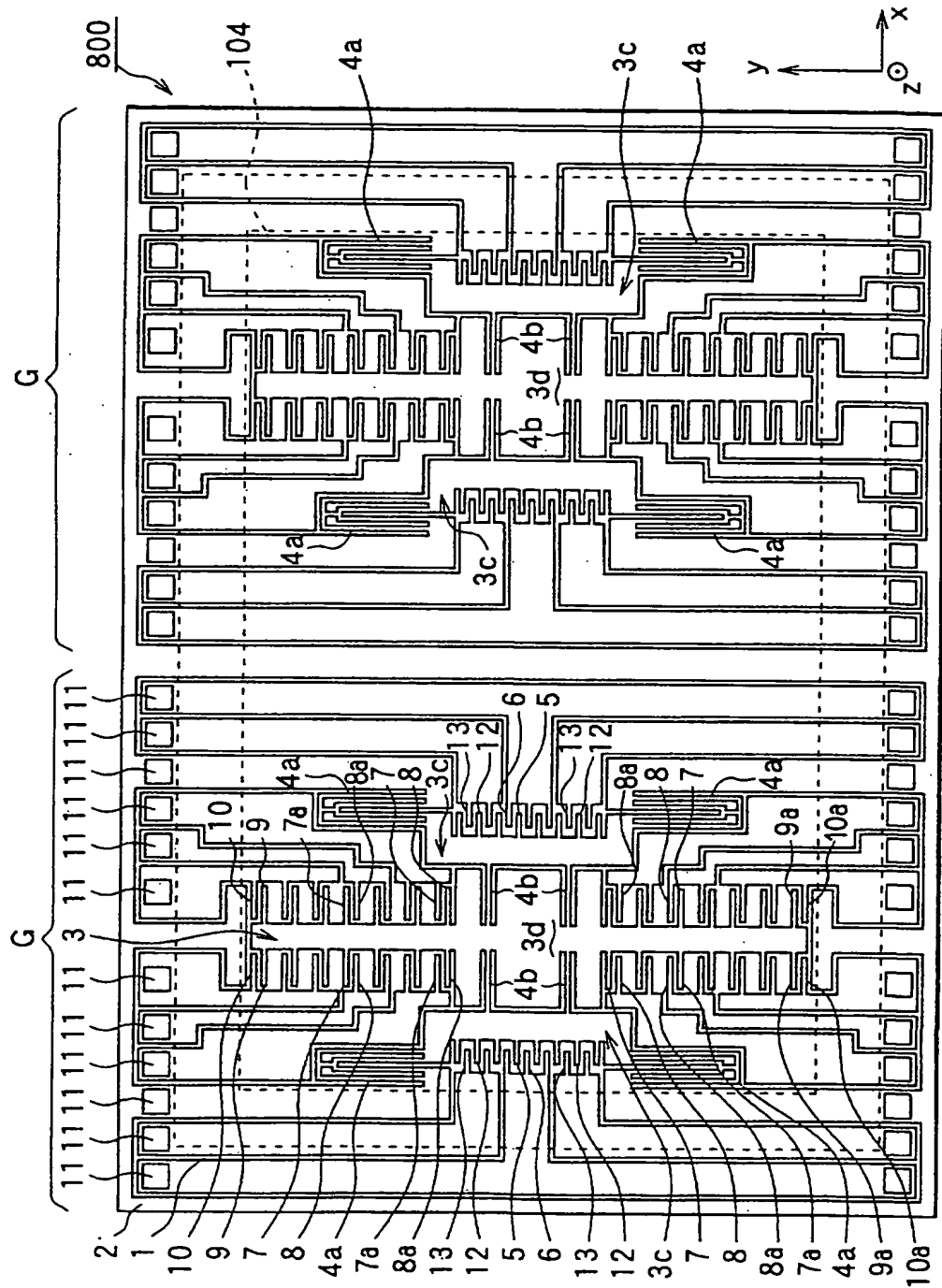


FIG. 16

